

# Бортовой прибор контроля прочности и остойчивости

АЛГОРИТМЫ РАСЧЕТА

## Используемые величины

Наименование		Размерность	Обозначение	
Российское	Международное		Rus	Engl
Главные размерения Principal dimensions				
Длина по правилам о грузовой марке	Length	м	L	L
Высота борта	Depth	м	D	D
Ширина судна	Breadth	м	B	B
Надводный борт	Freeboard	м	f	f
Основная плоскость				
Диаметральная плоскость				
Мидель шпангоут				
Масса судна Weight of ship				
Водоизмещение весовое	Displacement weight	т	Δ	Δ
Водоизмещение весовое судна порожнем	Displacement weight of light ship	т	Δ <sub>0</sub>	
Дэдвейт	Deadweight	т	DWT	
Момент массы судна: - продольный; - поперечный; - вертикальный	Weight moment of ship: - longitudinal - transverse - vertical	т·м	M <sub>x<sub>g</sub></sub> M <sub>y<sub>g</sub></sub> M <sub>z<sub>g</sub></sub>	
Отстояние центра масс судна: - по длине от миделя; - по ширине от ДП; - по высоте от ОП; - по высоте от ОП исправленное;	Centre of gravity:  - longitudinal - transverse - vertical - vertical corrected	м	x <sub>g</sub> y <sub>g</sub> z <sub>g</sub> z <sub>g исп</sub>	??? ??? ???
Отстояние центра масс судна порожнем: - по длине от миделя; - по ширине от ДП; - по высоте от ОП	Centre of gravity of light ship: - longitudinal - transverse - vertical	м	x <sub>g0</sub> y <sub>g0</sub> z <sub>g0</sub>	???0 ???0 ???0
Момент массы судна порожнем: - продольный; - поперечный; - вертикальный	Weight moment of light ship: - longitudinal - transverse - vertical	т·м	M <sub>x<sub>g0</sub></sub> M <sub>y<sub>g0</sub></sub> M <sub>z<sub>g0</sub></sub>	
Удельный погрузочный объем	Stowage factor	м³/т	SF	
Парусность Windage area				
Осадка, соответствующая случаю минимальной загрузки судна	Draught related to the minimum loading condition of the ship	м	d <sub>min</sub>	
Плечо парусности	Windage area lever	м	??	

Наименование		Размерность	Обозначение	
Российское	Международное		Rus	Engl
Площадь парусности	Windage area	м <sup>2</sup>	A <sub>v</sub>	
Обледенение Icing				
Намокание Absorption of wate				
Гидростатические кривые (элементы теоретического чертежа) Hydrostatic curves (ship's lines plan particulars)				
Водоизмещение объемное	Displacement volume	м <sup>3</sup>	?	?
Отстояние центра величины погруженной части судна: - по длине от миделя; - по ширине от ДП; - по высоте от ОП	Centre of buoyancy:  - longitudinal - transverse - vertical	м	C  x <sub>c</sub> y <sub>c</sub> z <sub>c</sub>	B  LCB ??? ???
Отстояние центра тяжести ватерлинии по длине от миделя	Longitudinal centre of flotation	м	x <sub>f</sub>	LCF
Продольный метацентрический радиус	Longitudinal metacentric radius	м	R	
Поперечный метацентрический радиус	Transverse metacentric radius	м	r	
Аппликата продольного метацентра	Longitudinal height of metacentre above base line	м	Z <sub>M</sub>	KML
Аппликата поперечного метацентра	Transverse height of metacentre above base line	м	z <sub>m</sub>	KMT
Посадка Trim				
Осадка	Draught	м	d	
Дифферент	Trim	м	t	
Дифферент	Angle of trim	градус / радиан	ψ	
Крен	Angle of heel	градус / радиан	θ	PSI
Угол начального статического крена	Angle of initial static heel	градус / радиан	θ <sub>0</sub>	
Плотность забортной воды: ρ = 1,000 для реки, ρ = 1,025 для моря.	Density	т/м <sup>3</sup>	ρ	
Остойчивость Stability				

Наименование		Размерность	Обозначение	
Российское	Международное		Rus	Engl
Момент дифференцирующий на 1 см осадки	Moment, trimming for 1 cm	т·м/см	МСТ	MCT
Продольная метацентрическая высота (исправленная)	Initial corrected longitudinal metacentric height	м	H	GML
Поперечная метацентрическая высота (исправленная)	Initial corrected transverse metacentric height	м	h	GM
Продольная метацентрическая высота без учета влияния поправки на влияние свободной поверхности	Initial uncorrected longitudinal metacentric height	м	H <sub>0</sub>	
Поперечная метацентрическая высота без учета влияния поправки на влияние свободной поверхности	Initial uncorrected transverse metacentric height	м	h <sub>0</sub>	
Поперечный момент инерции свободной поверхности жидкости в цистерне	Longitudinal moment of inertia of free surface of liquid	м <sup>4</sup>	I <sub>x</sub>	
Продольный момент инерции свободной поверхности жидкости в цистерне	Transverse moment of inertia of free surface of liquid	м <sup>4</sup>	I <sub>y</sub>	
Поперечный момент свободной поверхности жидкости	Transverse moment of free surface of liquid	т·м	M <sub>f.s x</sub>	
Продольный момент свободной поверхности жидкости	Longitudinal moment of free surface of liquid	т·м	M <sub>f.s y</sub>	
Поправка к поперечной метацентрической высоте на влияние свободной поверхности	Transverse initial metacentric height correction	м	Δm <sub>h</sub>	
Поправка к продольной метацентрической высоте на влияние свободной поверхности	Longitudinal initial metacentric height correction	м	Δm <sub>H</sub>	
Плечо диаграммы статической остойчивости	Righting lever	м	l	GZ
Плечо диаграммы статической остойчивости формы	Cross curve lever	м	l <sub>к</sub>	KN
Плечо диаграммы динамической остойчивости	Dynamic stability curve lever	м	l <sub>d</sub>	
Критерии остойчивости Stability criteria				

Наименование		Размерность	Обозначение	
Российское	Международное		Rus	Engl
Критерий погоды	Weather criterion	-	K	
Статический угол крена от действия постоянного ветра	Angle of static heel due to steady wind	град	$\theta_{w1}$	$\phi_1$
Площадь под положительной частью диаграммы статической остойчивости: - до угла крена №30; - до угла крена №40 - между углами крена №30 и №40	Area under the righting lever curve^  - to the angle of heel of 30° - to the angle of heel of 40° - between the angles of heel of 30° and 40°	м·рад	$A_{\theta_{30}}$ $A_{\theta_{40}}$ $A_{\theta_{30-40}}$	
Плечо диаграммы статической остойчивости при угле крена более 30°	Righting lever at an angle of heel greater than 30°	м	$l_{30}$	
Угол, соответствующий максимуму диаграммы статической остойчивости	The angle of heel where the maximum of righting lever curve occurs	рад	$\theta_{1max}$	
Критерий ускорения	Acceleration criterion	-	K*	
Угол крена на циркуляции	The angle of heel on account of turning	град	$\theta_R$	
Угол крена от смещения зерна	Angle of heel due to the shift of grain	град	$\theta_{grain}$	
Остаточная площадь между кривой кренящих и восстанавливающих плеч	The net or residual area between the heeling lever curve and the righting lever curve	м·рад	$A_{grain}$	
<b>Прочность Strength</b>				
Перерезывающая сила	Shear force	N	$N_{sw}$	$Q_{sw}$
Изгибающий момент	Bending moments	N·m	$M_{sw}$	$M_{sw}$
Диаметральная плоскость			ДП	CL
Основная плоскость	Baseline		ОП	BL

Эскиз, поясняющий некоторые обозначения приведены на рисунке 1.

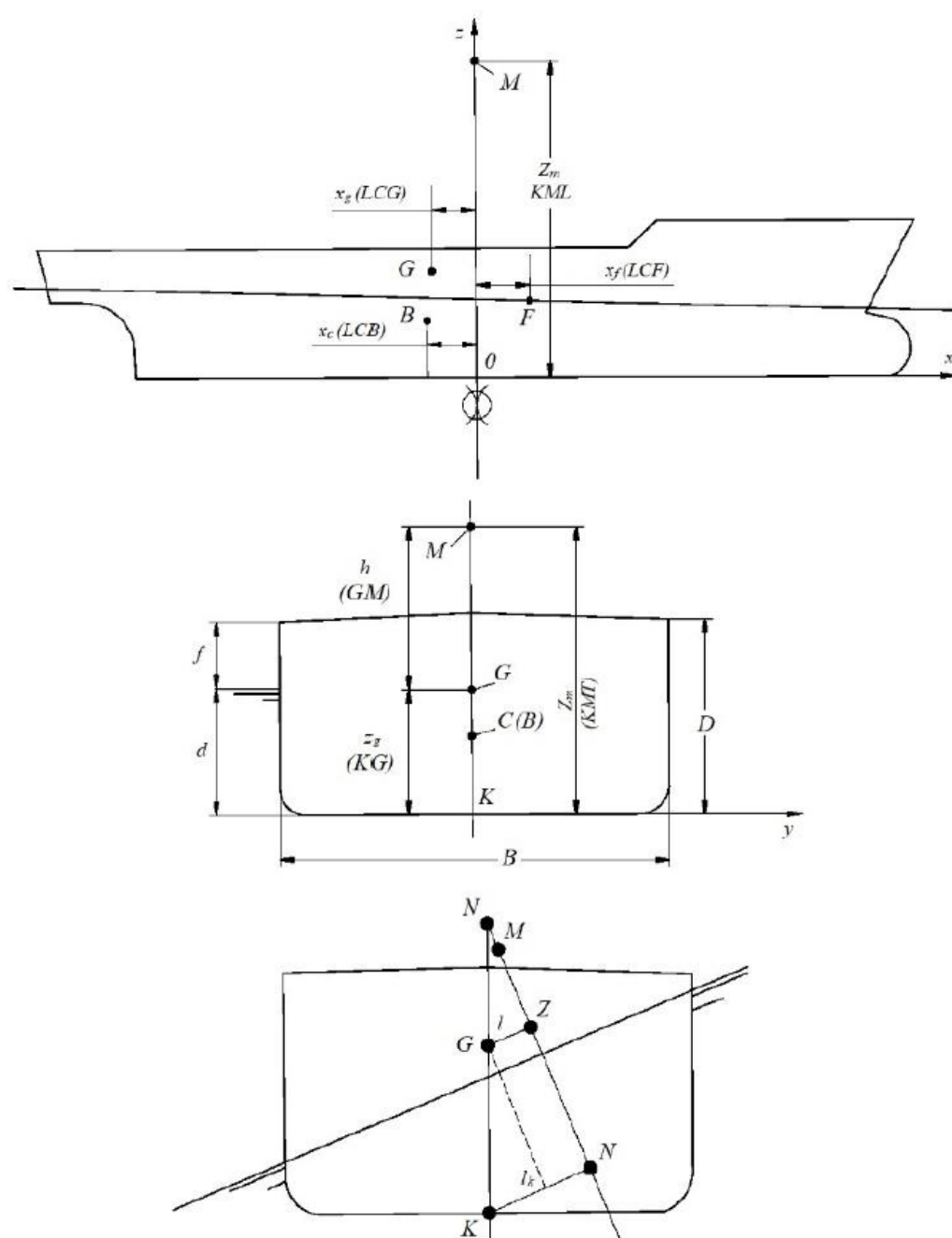


Рисунок 1 – Эскиз, поясняющий основные обозначения

## Система координат и правило знаков

### СИСТЕМА КООРДИНАТ И ПРАВИЛО ЗНАКОВ ДЛЯ СУДНА

Система координат судна приведена на рисунке 2.

За центр координат принята точка пересечения плоскостей мидель-шпангоута, диаметральной (ДП) и основной (ОП).

За ось абсцисс  $Ox$  - линия пересечения ДП и ОП. Положительное направление - в нос.

За ось аппликат  $Oz$  - линия пересечения ДП и плоскости мидель -шпангоута. Положительное направление - вверх.

За ось ординат  $Oy$  - линия пересечения ОП и плоскости мидель-шпангоута. Положительное направление - на правый борт.

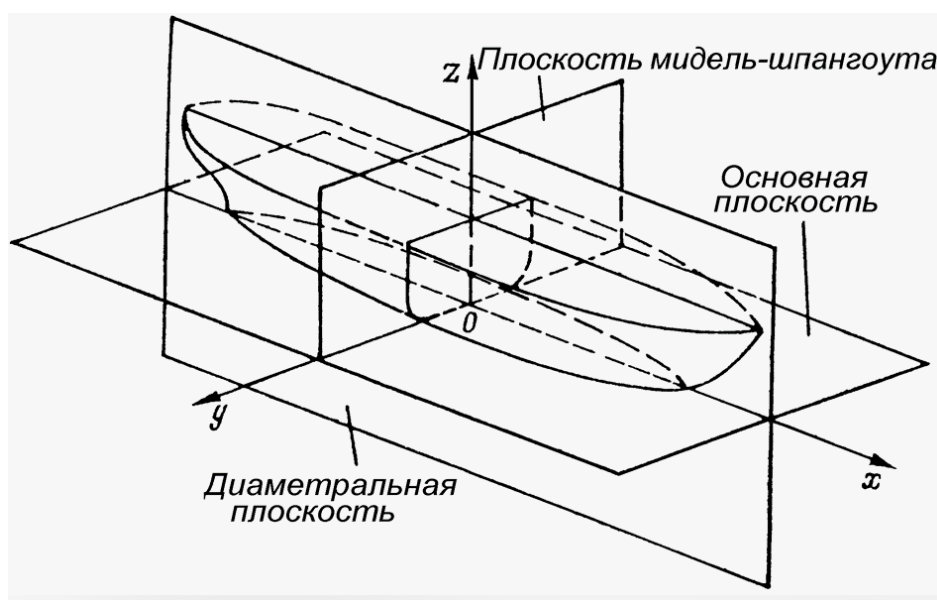


Рисунок 2 – Система координат

Углом крена  $\theta$  называется угол между ДП и вертикальной плоскостью, содержащей продольную ось корпуса судна. Крен считается положительным при наклонении на правый борт.

Углом дифферента  $\psi$  называется угол между продольной осью корпуса судна и ее проекцией на горизонтальную плоскость. Дифферент считается положительным при дифференте на нос.

### ПРАВИЛО ЗНАКОВ ДЛЯ ПЕРЕРЕЗЫВАЮЩИХ СИЛ И ИЗГИБАЮЩИХ МОМЕНТОВ

Правило знаков для перерезывающих сил и изгибающих моментов в соответствии с [4] приведены на рисунке 3.

Перерезывающие силы, направленные вниз, считаются положительными, а вверх — отрицательными. Изгибающие моменты, вызывающие перегиб корпуса, считаются положительными, а вызывающие прогиб корпуса, — отрицательными.

Интегрирование поперечных нагрузок для определения перерезывающих сил и изгибающих моментов на тихой воде производится от кормового конца длины судна в направлении носа, при этом поперечные нагрузки, направленные вниз, считаются положительными.

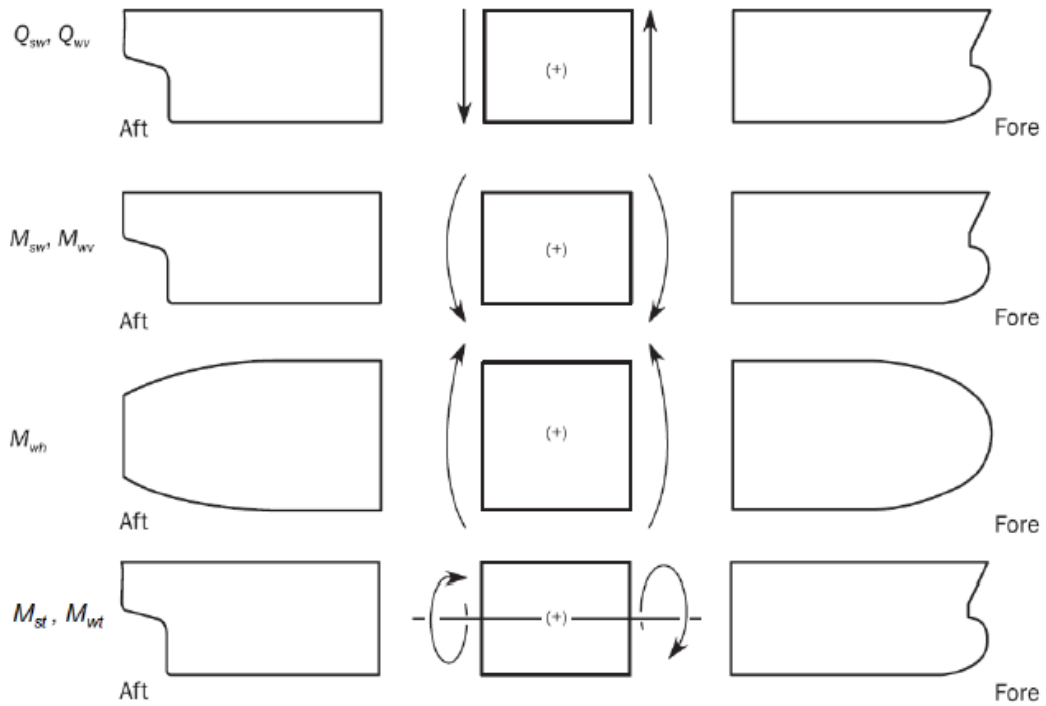
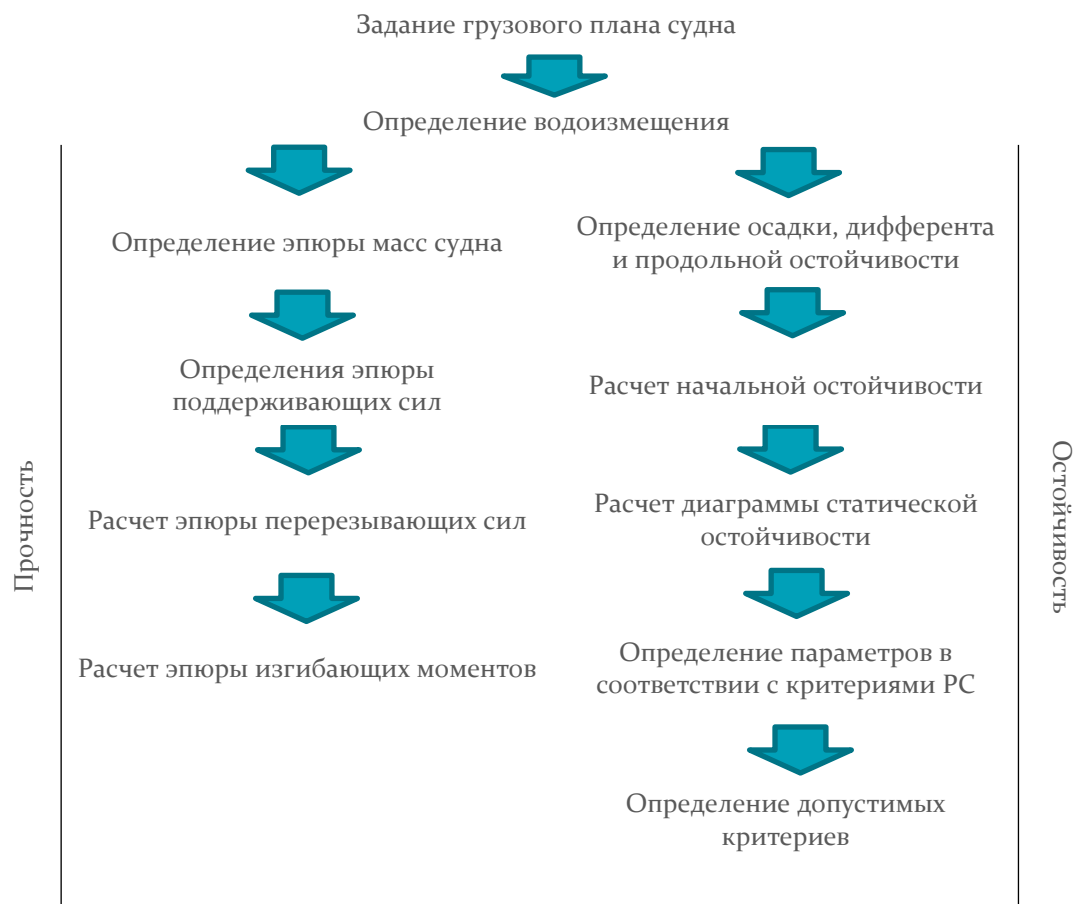


Рисунок 3 – Правило знаков и для перерезывающих сил и изгибающих моментов



## Алгоритм расчета



## Задание грузового плана оператором

### ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Грузовой план является исходными данными для расчета прочности и остойчивости для заданного случая загрузки судна. Оператор задает данные:

- по принятому на судно перевозимому грузу;
- по состоянию цистерн запаса;
- по состоянию балластных цистерн;
- по переменным грузам;
- по учету обледенения судна или намокания палубного лесного груза;

### ГРУЗ ПЕРЕВОЗИМЫЙ

Перевозимый груз располагается:

- в трюме;
- на крышках грузовых люков;

Независимо от типа груза и его расположения для него должна быть задана/рассчитана следующая информация, представленная в таблице.

Таблица – Сводная таблица по перевозимому грузу

Наименование	Масса $P$ , т	Положение центра масс, м			Координата по длине от миделя, м	
		по длине от миделя $x_g$	по ширине от ДП $y_g$	по высоте от ОП $z_g$	начала $X_1$	конца $X_2$

Продолжение таблицы

Момент свободной поверхности воды, т·м		Парусность и обледенение			
Поперечный $M_{f.s. x}$	Продольный $M_{f.s. y}$	Высота груза, м	Ширина груза, м	Координата по ширине от ДП, м	
				начала $Y_1$	конца $Y_2$

Примечания: 1) момент свободной поверхности воды только для жидких грузов;

2) парусность и обледенение только для палубного груза.

Груз в трюме может быть:

- генеральный штучный
- генеральный навалочный, лесной
- контейнеры
- зерновой, навалочный смещаемый

Для задания генерального штучного груза необходимо задать его масса-габаритные характеристики в соответствии с таблицей.

Генеральный навалочный характеризуется удельным погрузочным объемом (УПО), равным отношением его объема к массе, мз/т. При задании оператором объема (или массы) груза и его УПО по элементам трюма рассчитывается все характеристики перевозимого груза.

Контейнеры характеризуются массой. Центр тяжести контейнера принимается в геометрическом центре контейнера.

Зерновой и навалочный смещаемый груз также как и генеральный навалочный характеризуется удельным погрузочным объемом (УПО). При наличии зернового или навалочного смещаемого груза в трюме к судну предъявляются отдельные требования к устойчивости [2].

**Груз на крышках грузовых люков (палубный груз) может быть:**

- генеральный штучный;
- лесной;
- контейнеры.

Для задания генерального штучного груза необходимо задать его масса-габаритные характеристики в соответствии с таблицей.

При наличии лесного палубного груза на палубе учитываются требования устойчивости, дополнительно предъявляемые к лесовозам [1, подраздел 3.3].

При наличии контейнеров на палубе учитываются требования устойчивости, дополнительно предъявляемые к судам перевозящим контейнеры [1, подраздел 3.10].

## ЦИСТЕРНЫ ЗАПАСА

Задание данных по цистернам запаса может производиться в активном (по данным датчиков, автоматически считывающих содержимое цистерн) или в пассивном (исходные данные вводятся вручную) режимах.

*Примечание – Для судна в целом есть стандартные случаи загрузки (по крайней мере рассмотренные в инструкции) - для цистерн запасов и переменных грузов (100% запасов в море, 10% запасов в море, 100% запасов в реке, 10% запасов в реке). Для них можно предусмотреть генерацию автоматическую. Лучше с капитаном переговорить.*

Исходя из объема жидкости в  $i$ -ой цистерне запаса  $V_{цзi}$  по таблице гидростатических элементов цистерны определяются:

- координаты центра объема жидкости в цистерне в системе координат судна:
  - по длине от миделя  $x_{с\ цзi}$ ;
  - по ширине от ДП  $y_{с\ цзi}$ ;
  - по высоте от ОП  $z_{с\ цзi}$ .

- моменты инерции площади свободной поверхности жидкости:

- поперечный  $I_{x \text{ цзi}}$

- продольный  $I_{y \text{ цзi}}$

Цистерны запаса относятся к цистернам с переменным уровнем заполнения. Поправки на свободную поверхность (моменты инерции площади свободной поверхности жидкости  $I_{x \text{ цзi}}$ ,  $I_{y \text{ цзi}}$ ) могут определяться одним из следующих способов:

- для фактического уровня заполнения, заданного для каждой цистерны запаса.;
- как максимальные значения, определенные в пределах нижней и верхней границы заполнения цистерны запаса. Полученное максимальное расчетное значение используется независимо от фактического наличия свободных поверхностей, в том числе и для судна с полностью заполненной цистерной.

Масса воды в балластной цистерне определяется по формуле

$$P_{\text{цзi}} = V_{\text{цзi}} \cdot \rho_{\text{цзi}} \quad (2)$$

где  $\rho_{\text{цзi}}$  – плотность жидкости в цистерне запаса.

Момент массы воды в цистерне запаса, т·м, определяется по формуле

- по длине от миделя  $M_{x\text{цзi}} = P_{\text{цзi}} \cdot x_{\text{с цзi}}$ ;

- по ширине от ДП  $M_{y\text{цзi}} = P_{\text{бцi}} \cdot y_{\text{с цзi}}$ ;

- по высоте от ОП  $M_{z\text{цзi}} = P_{\text{бцi}} \cdot z_{\text{с цзi}}$ .

Момент свободной поверхности воды в цистерне запаса, т·м, определяется по формуле:

- поперечный  $M_{f.s \text{ x цзi}} = \rho_{\text{цзi}} \cdot I_{x \text{ цзi}}$

- продольный  $M_{f.s \text{ y цзi}} = \rho_{\text{цзi}} \cdot I_{y \text{ цзi}}$

Общая масса жидкости в цистернах запаса определяется по формуле:

$$P_{\text{цз}} = \sum_{i=1}^i P_{\text{цзi}} \quad (2)$$

Общий момент массы жидкости в цистернах запаса определяется по формуле

- по длине от миделя  $M_{x\text{цз}} = \sum_{i=1}^i M_{x\text{цзi}}$ ;

- по ширине от ДП  $M_{y\text{цз}} = \sum_{i=1}^i M_{y\text{цзi}}$ ;

- по высоте от ОП  $M_{z\text{цз}} = \sum_{i=1}^i M_{z\text{цзi}}$ .

Координаты центра тяжести жидкости в цистернах запаса определяется по формуле:

- по длине от миделя  $x_{\text{цз}} = \frac{M_{x\text{цз}}}{P_{\text{цз}}}$ ;

- по ширине от ДП  $y_{цз} = \frac{M_{y_{цз}}}{P_{цз}}$ ;

- по высоте от ОП  $z_{цз} = \frac{M_{z_{цз}}}{P_{цз}}$ .

Суммарный момент свободной поверхности жидкости в цистернах запаса, т.м, определяется по формуле:

- поперечный  $M_{f.s. x цз} = \sum_1^i M_{f.s. x цз i}$

- продольный  $M_{f.s. y цз} = \sum_1^i M_{f.s. y цз i}$

## БАЛЛАСТНЫЕ ЦИСТЕРНЫ

Задание данных по балластным цистернам может производиться в активном (по данным датчиков, автоматически считывающих содержимое цистерн) или в пассивном (исходные данные вводятся вручную) режимах.

Попробовать допилить для балластных цистерн дополнительно может быть реализована автоматическая балластировка – Алгоритм который рассчитывает какое количество воды и в какие балластные цистерны необходимо принять, чтобы получить необходимую осадку, крен и дифферент или остойчивость. Надо разработать дополнительно.

Исходя из объема воды в  $i$ -ой балластной цистерне  $V_{бцi}$  по таблице гидростатических элементов цистерны определяются:

- координаты центра объема воды в цистерне в системе координат судна:

- по длине от миделя  $x_{с бцi}$ ;

- по ширине от ДП  $y_{с бцi}$ ;

- по высоте от ОП  $z_{с бцi}$ .

- моменты инерции площади свободной поверхности воды:

- поперечный  $I_{x бцi}$

- продольный  $I_{y бцi}$

Балластные цистерны относятся к цистернам с постоянным уровнем. Поправки на влияние свободной поверхности (моменты инерции площади свободной поверхности воды  $I_{x бцi}$ ,  $I_{y бцi}$ ) определяются для фактического уровня заполнения, заданного для каждой балластной цистерны;

Масса воды в балластной цистерне определяется по формуле

$$P_{бцi} = V_{бцi} \cdot \rho \quad (2)$$

Момент массы воды в балластной цистерне

- по длине от миделя  $M_{x бцi} = P_{бцi} \cdot x_{с бцi}$ ;

- по ширине от ДП  $M_{y бцi} = P_{бцi} \cdot y_{с бцi}$ ;

- по высоте от ОП  $M_{z_{БЦi}} = P_{БЦi} \cdot z_{c_{БЦi}}$ .

Момент свободной поверхности воды в балластной цистерне, т.м, определяется по формуле:

- поперечный  $M_{f.s \times БЦi} = \rho \cdot I_{x_{БЦi}}$

- продольный  $M_{f.s \ y \ БЦi} = \rho \cdot I_{y_{БЦi}}$

Общая масса воды в балластных цистернах определяется по формуле:

$$P_{БЦ} = \sum_1^i P_{БЦi} \quad (2)$$

Общий момент массы воды в балластных цистернах определяется по формуле

- по длине от миделя  $M_{x_{БЦ}} = \sum_1^i M_{x_{БЦi}}$ ;

- по ширине от ДП  $M_{y_{БЦ}} = \sum_1^i M_{y_{БЦi}}$ ;

- по высоте от ОП  $M_{z_{БЦ}} = \sum_1^i M_{z_{БЦi}}$ ;

Координаты центра тяжести воды в балластных цистернах определяется по формуле:

- по длине от миделя  $x_{БЦ} = \frac{M_{x_{БЦ}}}{P_{БЦ}}$ ;

- по ширине от ДП  $y_{БЦ} = \frac{M_{y_{БЦ}}}{P_{БЦ}}$ ;

- по высоте от ОП  $z_{БЦ} = \frac{M_{z_{БЦ}}}{P_{БЦ}}$ .

Суммарный момент свободной поверхности воды в балластных цистернах, т.м, определяется по формуле:

- поперечный  $M_{f.s \times БЦ} = \sum_1^i M_{f.s \times БЦi}$ ;

- продольный  $M_{f.s \ y \ БЦ} = \sum_1^i M_{f.s \ y \ БЦi}$ .

## ПЕРЕМЕННЫЕ ГРУЗЫ

К переменным грузам, имеющимся на борту относятся:

- экипаж с багажом;
- снабжение;
- провизия;
- зерновая переборка;
- прочие.

Какие -то переменные грузы могут быть с привязаны к каким-либо помещениям и/или координатам помещениям. Например «Запасы в машинном отделении», «Расходные материалы», «Дополнительный сухой груз». (лучше наверно с капитаном переговорить).

Общая масса переменных грузов определяется по формуле:

$$P_{\text{пг}} = \sum_1^i P_{\text{пг}i} \quad (2)$$

Общий момент массы переменных грузов определяется по формуле

- по длине от миделя  $Mx_{\text{пг}} = \sum_1^i Mx_{\text{пг}i};$

- по ширине от ДП  $My_{\text{пг}} = \sum_1^i My_{\text{пг}i};;$

- по высоте от ОП  $Mz_{\text{пг}} = \sum_1^i Mz_{\text{пг}i};$

Координаты центра тяжести переменных грузов определяется по формуле:

- по длине от миделя  $x_{\text{пг}} = \frac{Mx_{\text{пгз}}}{P_{\text{пг}}};$

- по ширине от ДП  $y_{\text{пг}} = \frac{My_{\text{пг}}}{P_{\text{пг}}};;$

- по высоте от ОП  $z_{\text{пг}} = \frac{Mz_{\text{пг}}}{P_{\text{пг}}};;$

## РАСЧЕТ ПАРУСНОСТИ

Площадь парусности — площадь проекции надводной части судна (кроме плавучего крана и кранового судна) на диаметральную плоскость в прямом положении. Площадь парусности и ее статические моменты должны вычисляться для осадки судна  $d_{min}$ . Элементы парусности при остальных осадках определяются пересчетом.

Площадь парусности судна для осадки  $d_{min}$ , соответствующей случаю минимальной загрузки судна,  $A_{V\ dmin}$ ,  $m^2$ , и статические моменты площади парусности по длине относительно миделя  $M_{V\ x\ dmin}$  и высоте относительно ОП  $M_{V\ z\ dmin}$ ,  $m^3$  для этой осадки, определяются по формуле:

- без обледенения

$$\begin{aligned}A_{V\ dmin} &= A_{V\ CS\ dmin} + A_{V\ DS} \\M_{V\ x\ dmin} &= M_{Vx\ CS\ dmin} + M_{Vx\ DS} \\M_{V\ z\ dmin} &= M_{Vz\ CS\ dmin} + M_{Vz\ DS}\end{aligned}\quad (2)$$

- при учете обледенения

$$\begin{aligned}A_{V\ dmin} &= A_{V\ CS\ dmin} + A_{V\ DS\ ice} \\M_{V\ x\ dmin} &= M_{Vx\ CS\ dmin} + M_{Vx\ DS\ ice} \\M_{V\ z\ dmin} &= M_{Vz\ CS\ dmin} + M_{Vz\ DS\ ice}\end{aligned}\quad (2)$$

где  $A_{V\ CS\ dmin}$  — площадь парусности сплошных поверхностей для осадки  $d_{min}$ ,  $m^2$ ;

$A_{V\ DS}$  — площадь парусности несплошных поверхностей,  $m^2$ ;

$A_{V\ DS\ ice}$  — площадь парусности обледенения несплошных поверхностей,  $m^2$ ;

$M_{Vx\ CS\ dmin}$ ,  $M_{Vz\ CS\ dmin}$  — статический момент площади парусности сплошных поверхностей для осадки  $d_{min}$ , относительно миделя и относительно ОП соответственно,  $m^3$ ;

$M_{Vx\ DS}$ ,  $M_{Vz\ DS}$  — статический момент площади парусности несплошных поверхностей относительно миделя и относительно ОП соответственно,  $m^3$ ;

$M_{Vx\ DS\ ice}$ ,  $M_{Vz\ DS\ ice}$  — статический момент площади парусности обледенения несплошных поверхностей относительно миделя и относительно ОП соответственно,  $m^3$ .

Площадь парусности сплошных поверхностей для осадки  $d_{min}$ ,  $A_{V\ CS\ dmin}$ ,  $m^2$ , определяется по формуле

$$\begin{aligned}A_{V\ CS\ dmin} &= A_{V\ CS\ dmin\ 1} + A_{V\ nг} \\M_{Vx\ CS\ dmin} &= M_{Vx\ CS\ dmin\ 1} + M_{Vx\ nг} \\M_{Vz\ CS\ dmin} &= M_{Vz\ CS\ dmin\ 1} + M_{Vz\ nг}\end{aligned}\quad (2)$$

где  $A_{V\ CS\ dmin\ 1}$  — площадь парусности сплошных поверхностей для осадки  $d_{min}$  без палубного груза,  $m^2$ ;



$M_{Vx \text{ CS } d_{\min} 1}$ ,  $M_{Vz \text{ CS } d_{\min} 1}$  – статический момент площади парусности сплошных поверхностей для осадки  $d_{\min}$ , относительно миделя и относительно ОП соответственно без палубного груза,  $\text{м}^3$ ;

$A_{V \text{ пг}}$  – площадь парусности палубного груза,  $\text{м}^2$ ;

$M_{Vx \text{ пг}}$ ,  $M_{Vz \text{ пг}}$  – статический момент площади парусности палубного груза,  $\text{м}^3$ .

Положение центра парусности и центра площади проекции палубного груза должно определяться способом, обычно применяемым для нахождения координат центра тяжести плоской фигуры. Боковая проекция палубных контейнеров должна быть зачтена в площадь парусности как сплошная стенка, без учета зазоров между отдельными контейнерами.

Парусность несплошных поверхностей лееров, рангоута (кроме мачт) и такелажа судов, не имеющих парусного вооружения, и парусность разных мелких предметов  $A_{V \text{ DS ice}}$ ,  $\text{м}^2$ , учитывается путем увеличения вычисленной для минимальной осадки  $d_{\min}$  суммарной площади парусности сплошных поверхностей на 5 % и статического момента этой площади относительно основной плоскости  $M_{Vz \text{ DS}}$ ,  $\text{м}^3$ , на 10 %:

$$\begin{aligned} A_{V \text{ DS}} &= 0,05 \cdot A_{V \text{ CS } d_{\min}} \\ M_{Vz \text{ DS}} &= 0,1 \cdot M_{Vz \text{ CS } d_{\min}} \end{aligned} \quad (2)$$

Центр площади парусности несплошных поверхностей по длине принимается на миделе:

$$M_{Vx \text{ DS}} = 0 \quad (2)$$

Для определения парусности несплошных поверхностей у судов, подвергающихся обледенению, площадь и статический момент площади парусности сплошных поверхностей относительно основной плоскости, рассчитанные для осадки  $d_{\min}$ , увеличиваются в условиях обледенения соответственно на 10 и 20 % или на 7,5 и 15 % в зависимости от норм обледенения. Площадь парусности обледенения несплошных поверхностей  $A_{V \text{ DS ice}}$ ,  $\text{м}^2$ , и соответствующие статические моменты  $M_{Vz \text{ DS ice}}$ ,  $\text{м}^3$ , определяется по формуле

- при учете полного обледенения IcingSTAB(full)

$$\begin{aligned} A_{V \text{ DS ice}} &= 0,1 \cdot A_{V \text{ CS } d_{\min}} \\ M_{Vz \text{ DS ice } z} &= 0,2 \cdot M_{Vz \text{ CS } d_{\min}} \end{aligned} \quad (2)$$

- при учете частичного обледенения IcingSTAB(half)

$$\begin{aligned} A_{V \text{ DS ice}} &= 0,075 \cdot A_{V \text{ CS } d_{\min}} \\ M_{Vz \text{ DS ice}} &= 0,15 \cdot M_{Vz \text{ CS } d_{\min}} \end{aligned} \quad (2)$$

Центр площади парусности обледенения несплошных поверхностей по длине принимается на миделе:

$$M_{Vx \text{ DS ice}} = 0 \quad (2)$$

Площадь парусности судна для текущей осадки,  $A_V$ ,  $\text{м}^2$ , и статические моменты площади парусности по длине относительно миделя  $M_{Vx}$  и высоте относительно ОП  $M_{Vz}$ ,  $\text{м}^3$  для этой осадки, определяется по формуле:

$$\begin{aligned}
A_v &= A_{v \text{ dmin}} - \Delta A_v \\
M_{v \text{ x}} &= M_{vx \text{ dmin}} - \Delta M_{v \text{ x}} \\
M_{v \text{ z}} &= M_{vz \text{ dmin}} - \Delta M_{v \text{ z}}
\end{aligned}
\tag{2}$$

где  $\Delta A_v$  – разница в площадях парусности для текущей осадки и осадки  $d_{\min}$ , м<sup>2</sup>;

$\Delta M_{v \text{ x}}, \Delta M_{v \text{ z}}$  – разница в статических моментах для текущей осадки и осадки  $d_{\min}$  относительно миделя и ОП соответственно, м<sup>3</sup>;

Отстояние центра площади парусности судна для текущей загрузки относительно миделя  $x_{v \text{ м}}$ , м, и относительно ОП  $z_{v \text{ ОП}}$ , м, определяются по формуле

$$\begin{aligned}
x_{v \text{ м}} &= \frac{M_{v \text{ x}}}{A_v} \\
z_{v \text{ ОП}} &= \frac{M_{v \text{ z}}}{A_v}
\end{aligned}
\tag{2}$$

Плечо парусности  $z_v$  определяется как вертикальное расстояние, м, между центром парусности и центром площади проекции подводной части корпуса на диаметрально плоскость в прямом положении судна на спокойной воде:

$$z_v = z_{v \text{ ОП}} - z_{\text{CL sub}} \tag{2}$$

где  $z_{\text{CL sub}}$  – отстояние по вертикали центра площади проекции подводной части корпуса на диаметрально плоскость в прямом положении судна на спокойной воде для текущей осадки, м.

## Обледенение

При расчете обледенения учитываются изменения водоизмещения, возвышения центра тяжести и площади парусности от обледенения, а также изменение перерезывающих сил и изгибающих моментов. Учет изменения парусности от обледенения описан в соответствующем разделе.

Учет обледенения может быть:

- без обледенения;
- учет полного обледенения IcingSTAB(full);
- учет частичного обледенения IcingSTAB(half).

При наличии палубного лесного груза учет обледенения верхней поверхности палубного лесного груза может учитываться для следующих вариантов.

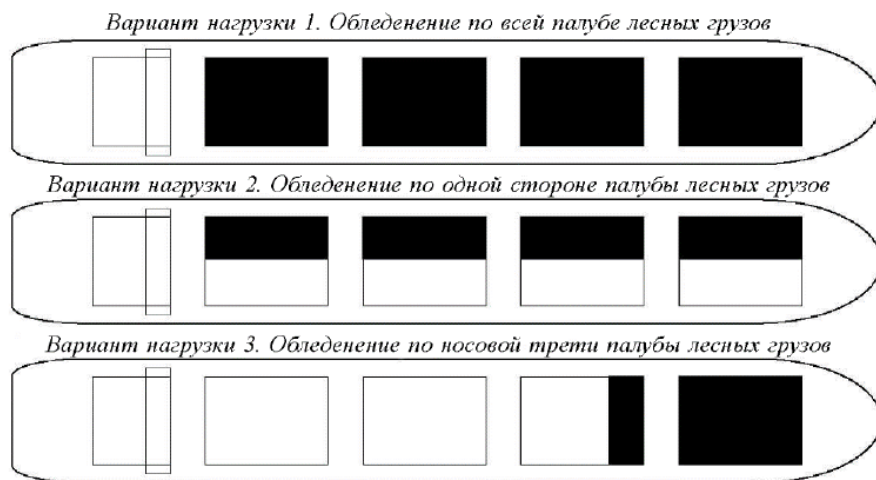


Рис. 3.3.7.2  
Варианты нагрузки вследствие обледенения для лесных палубных грузов

При учете обледенения к массе судна добавляются масса льда на бортах, палубах, палубном грузе. Такая масса не включается в состав дедвейта судна и учитывается как перегрузка. Масса льда и его моменты, рассчитываются для осадки  $d_{\min}$  и распространяются на все случаи загрузки. Масса льда  $P_{ice}$ , т, а также моменты его массы  $M_{x\ ice}$ ,  $M_{y\ ice}$ ,  $M_{z\ ice}$  относительно миделя, ДП и ОП соответственно, определяются по формуле:

$$\begin{aligned}
 P_{ice} &= P_{ice\ h} + P_{ice\ v} \\
 M_{x\ ice} &= M_{x\ ice\ h} + M_{x\ ice\ v} \\
 M_{y\ ice} &= M_{y\ ice\ h} + M_{y\ ice\ v} \\
 M_{z\ ice} &= M_{z\ ice\ h} + M_{z\ ice\ v}
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

где  $P_{ice\ h}$  - масса льда на общей горизонтальной проекции открытых палуб и палубного груза, т;

$M_{x\ ice\ h}$ ,  $M_{y\ ice\ h}$ ,  $M_{z\ ice\ h}$  - моменты массы льда на общей горизонтальной проекции открытых палуб и палубного груза относительно миделя, ДП и ОП соответственно, т·м;

$P_{ice\ v}$  - масса льда на площади парусности, т;

$M_{x\ ice\ v}$ ,  $M_{y\ ice\ v}$ ,  $M_{z\ ice\ v}$  - моменты массы льда на площади парусности относительно миделя, ДП и ОП соответственно, т·м.

Масса льда на горизонтальной проекции открытых палуб,  $P_{ice\ h}$ , т, а также его моменты  $M_{x\ ice\ h}$ ,  $M_{y\ ice\ h}$ ,  $M_{z\ ice\ h}$ , т·м, определяется по формуле:

$$\begin{aligned} P_{ice\ h} &= P_{ice\ h\ deck} + \Delta P_{ice\ h\ пг} \\ M_{x\ ice\ h} &= M_{x\ ice\ h\ deck} + \Delta M_{x\ ice\ h\ пг} \\ M_{y\ ice\ h} &= M_{y\ ice\ h\ deck} + \Delta M_{y\ ice\ h\ пг} \\ M_{z\ ice\ h} &= M_{z\ ice\ h\ deck} + \Delta M_{z\ ice\ h\ пг} \end{aligned} \quad (2)$$

где  $P_{ice\ h\ deck}$ ,  $M_{x\ ice\ h\ deck}$ ,  $M_{y\ ice\ h\ deck}$ ,  $M_{z\ ice\ h\ deck}$  - суммарная масса льда на горизонтальной проекции открытых палуб и его моменты инерции относительно миделя, ДП и ОП без учета палубного груза соответственно, т, т·м;

$\Delta P_{ice\ h\ пг}$ ,  $\Delta M_{x\ ice\ h\ пг}$ ,  $\Delta M_{y\ ice\ h\ пг}$ ,  $\Delta M_{z\ ice\ h\ пг}$  - добавка к массе льда на горизонтальной проекции палубного груза и его моменты инерции относительно миделя, ДП и ОП без учета палубного груза соответственно, т, т·м. Такие добавки определяются:

$$\begin{aligned} \Delta P_{ice\ h\ пг} &= (w_{пг} - w_{deck}) \cdot A_{ice\ пг} \\ \Delta M_{x\ ice\ h\ пг} &= \Delta P_{ice\ h\ пг} \cdot x_{P_{ice\ пг}} \\ \Delta M_{y\ ice\ h\ пг} &= \Delta P_{ice\ h\ пг} \cdot y_{P_{ice\ пг}} \\ \Delta M_{z\ ice\ h\ пг} &= \Delta P_{ice\ h\ пг} \cdot z_{P_{ice\ пг}} + w_{пг} \cdot A_{ice\ пг} \cdot h_{пг} \end{aligned} \quad (2)$$

$w_{deck}$  - масса льда на квадратный метр общей горизонтальной проекции открытых палуб.  $w_{deck} = 0,030$  т при учет полного обледенения IcingSTAB(full) и  $0,015$  т при учет частичного обледенения IcingSTAB(half);

$A_{ice\ пг}$  - площадь верхней горизонтальной проекции палубного груза, м<sup>2</sup>;

$x_{P_{ice\ пг}}$ ,  $y_{P_{ice\ пг}}$ ,  $z_{P_{ice\ пг}}$  - координаты центра площади палубы в месте установки ПГ палубного груза, м;

$h_{пг}$  - высота палубного груза, м;

$w_{пг}$  - масса льда на квадратный метр горизонтальной проекции палубного груза.

$$\begin{aligned} w_{пг} &= w_{timber}, \text{ если палубный груз лес;} \\ w_{пг} &= w_{deck}, \text{ в остальных случаях.} \end{aligned} \quad (2)$$

где  $w_{\text{timber}}$  – масса льда на квадратный метр горизонтальной проекции палубного лесного груза (который рассчитывается для каждого судна исходя из его геометрических характеристик), т.

При учете обледенения парусности площадь и возвышение центра парусности определяются для осадки  $d_{\text{min}}$  с учетом палубного груза, но без учета обледенения. Масса льда на площади парусности  $P_{\text{ice v}}$ , т, а также его моменты  $M_{x \text{ ice v}}$ ,  $M_{y \text{ ice v}}$ ,  $M_{z \text{ ice v}}$ , т·м, определяется по формуле:

$$\begin{aligned} P_{\text{ice v}} &= (A_{v \text{ CS } d_{\text{min}}} + A_{v \text{ DS}}) \cdot w_{\text{ice v}} \\ M_{x \text{ ice v}} &= (M_{vx \text{ CS } d_{\text{min}}} + M_{vx \text{ DS}}) \cdot w_{\text{ice v}} \\ M_{y \text{ ice v}} &= 0 \\ M_{z \text{ ice v}} &= (M_{vz \text{ CS } d_{\text{min}}} + M_{vz \text{ DS}}) \cdot w_{\text{ice v}} \end{aligned} \quad (2)$$

где  $w_{\text{ice v}}$  – масса льда на квадратный метр площади парусности.  $w_{\text{ice v}}$  принимается равной 0,015 т при учет полного обледенения IcingSTAB(full) и 0,0075 т при учет частичного обледенения IcingSTAB(half).

## НАМОКАНИЕ ПАЛУБНОГО ЛЕСНОГО ГРУЗА

Расчет устойчивости может производиться с учетом возможного увеличения массы палубного лесного груза вследствие его намокания. В этом случае к массе судна добавляются масса намокания палубного лесного. Такая масса не включается в состав дэдвейта судна и учитывается как перегрузка.

Масса намокания палубного лесного груза определяется по формуле:

$$P_{\text{waterabsorb}} = k_{\text{waterabsorb}} \cdot P_{\text{deck timber}} \quad (2)$$

где  $P_{\text{deck timber}}$  – масса палубного лесного груза, т;

$k_{\text{waterabsorb}}$  – степень намокания палубного лесного груза, т.

При отсутствии надежных данных о степени намокания древесины следует увеличить массу палубного лесного груза на 10 %.

Координата центра массы намокания принимается равной координате центра масс палубного лесного груза.

$$\begin{aligned} X_{g \text{ waterabsorb}} &= X_{g \text{ deck timber}} \\ Y_{g \text{ waterabsorb}} &= Y_{g \text{ deck timber}} \end{aligned} \quad (2)$$

$$Z_{g \text{ waterabsorb}} = Z_{g \text{ deck timber}}$$

где  $X_{g \text{ deck timber}}$ ,  $Y_{g \text{ deck timber}}$ ,  $Z_{g \text{ deck timber}}$  – координата центра тяжести палубного лесного груза относительно миделя, ДП и ОП соответственно, м

## Водоизмещение

Дэдвейт судна DWT, т, - сумма массы полезного груза, перевозимого судном, определяется по формуле

$$DWT = P_{\Gamma} + P_{\text{ЦЗ}} + P_{\text{БЦ}} + P_{\text{ПГ}} \quad (2)$$

Облеждение груза и его намокание в дэдвейт не входит, а входит в перегрузку.

Весовое водоизмещение судна  $\Delta$ , т, - масса судна, определяется по формуле

$$\Delta = \Delta_0 + \sum_1^i P_i \quad (2)$$

Момент весового водоизмещения судна, т·м, определяется по формуле

$$\text{- по длине от миделя } M_{x_g} = \sum_1^i P_i \cdot x_{g_i};$$

$$\text{- по ширине от ДП } M_{y_g} = \sum_1^i P_i \cdot y_{g_i};$$

$$\text{- по высоте от ОП } M_{z_g} = \sum_1^i P_i \cdot z_{g_i}$$

где  $P_i = \Delta_0, P_{\text{ЦЗ}}, P_{\text{БЦ}}, P_{\text{ПГ}}, P_{\text{обл}}, P_{\text{обм}};$

$x_{g_i}, y_{g_i}, z_{g_i}$  - абсцисса, ордината и аппликата соответствующей составляющей.

Отстояние центра масс судна, м, определяется по формуле:

$$\text{- по длине от миделя } x_g = \frac{M_{x_g}}{\Delta};$$

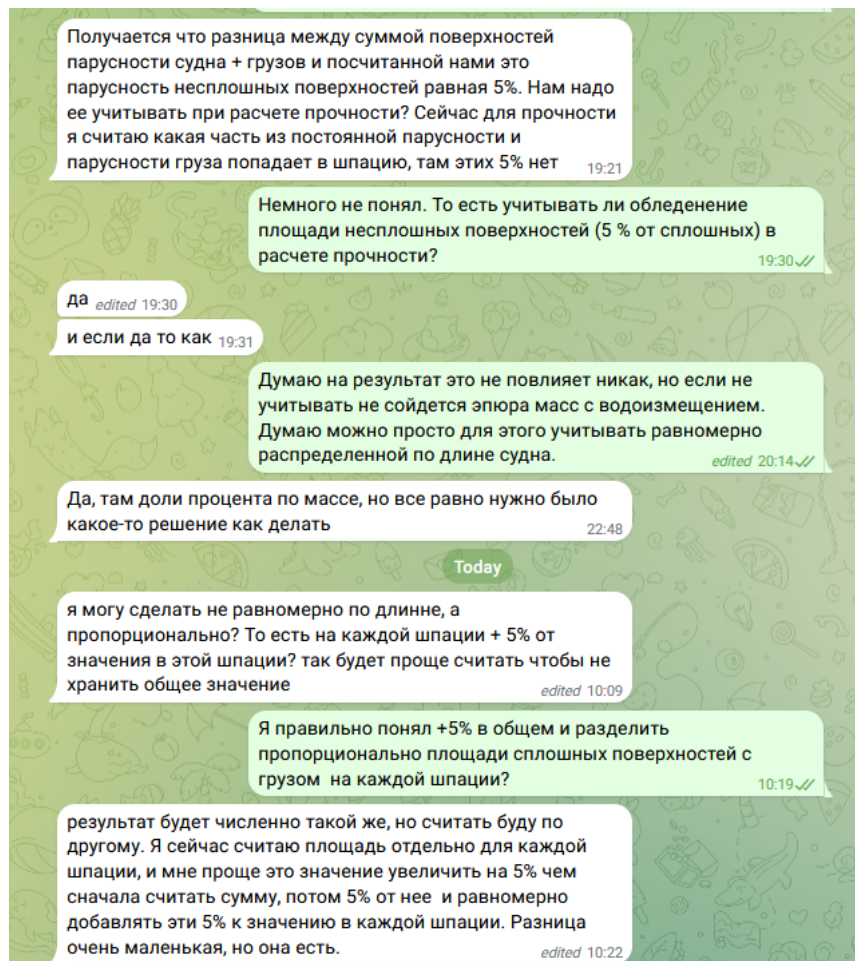
$$\text{- по ширине от ДП } y_g = \frac{M_{y_g}}{\Delta};$$

$$\text{- по высоте от ОП } z_g = \frac{M_{z_g}}{\Delta}.$$

Объемное водоизмещение судна, м<sup>3</sup>, - вытесненный объем воды корпусом судна, определяется по формуле

$$\nabla = \Delta / \rho; \quad (1)$$

## Расчет прочности



## Определение эпюры масс

Эпюра масс является исходными данными для определения перерезывающих сил и изгибающих моментов.

Исходными данными для расчета эпюры масс судна является:

- эпюра масс судна порожнем, которая является постоянной и приведена в эксплуатационной документации;

- грузовой план, заданный оператором.

Для каждого элемента массы (груза, цистерны, переменных грузов) заданного оператором, определяется распределение этой массы по шпангоутам. Эпюра масс судна определяется суммированием по каждому шпангоуту массы судна порожнем и дополнительного принятой массы в соответствии с грузовым планом.



## Определение эпюры сил плавучести (поддерживающих сил)

Эпюра плавучести является исходными данными для определения перерезывающих сил и изгибающих моментов.

Исходными данными для расчета эпюры сил плавучести является 3d модель, либо заранее посчитанный масштаб Бонжана, приведенный в эксплуатационной документации.

Для каждой шпации определяется объем корпуса по погруженную ватерлинию и строится эпюра плавучести.

Перебираются значения дифферента, для этого дифферента выполняются следующие расчеты постепенно приближаясь к нулевому значению изгибающего момента на последней шпации. Из дифферента и средней осадки вычисляется осадка носа и кормы. Из них методом линейной интерполяции вычисляется распределение осадки по каждой шпации. Вычисляется вытесненную массу воды для каждой шпации. Погруженная площадь  $S_{start}, S_{end}$  теоретических шпангоутов берется из кривых.  $L_{start}, L_{end}$  - расстояние от кормы до шпангоутов, ограничивающих шпацию. Вытесненная масса воды  $Buoyancy$  вычисляется как среднее значение погруженной площади умноженное на плотность воды  $\gamma$  и на разницу расстояний до теоретических шпангоутов: 
$$V_i = \frac{(S_{start_i} + S_{end_i})}{2} (L_{end_i} - L_{start_i}) \gamma$$
 Вычисляется результирующая сила  $TotalForce$  для каждой шпации как разницу веса вытесненной воды и массы приходящейся на каждую шпацию, умноженную на гравитационную постоянную  $g$ : 
$$F_{ti} = (m_i - V_i) g$$
 Вычисляется срезающая сила  $ShearForce$  для каждой шпации через интегрирование. Интегрирование проводим путем вычисления суммы сверху:  $F_{si} = F_{si-1} + F_{ti}, F_{so} = 0$  Вычисляется изгибающий момент  $BendingMoment$  для каждой шпации как интегральную сумму срезающей силы: 
$$M_i = (M_{i-1} + F_{si-1} + F_{si}) \Delta L, M_o = 0$$

## Расчет остойчивости

### ОСАДКА СУДНА И ДИФФЕРЕНТ

Исходя из объемного водоизмещения  $\Delta$  по таблицам элементов теоретического чертежа судна на ровный киль определяются:

- отстояние центра величины погруженной части судна при посадке на ровный киль (без крена и дифферента):
  - по длине от миделя  $x_c$ ;
  - по ширине от ДП  $y_c$ ;
  - по высоте от ОП  $z_c$ ;
- отстояние центра тяжести ватерлинии по длине от миделя  $x_f$ ;
- поперечный  $r$  и продольный  $R$  метацентрические радиусы, м;
- среднюю осадку  $d$ .

Аппликата продольного метацентра  $Z_m$ , м, определяется по формуле

$$Z_m = z_c + R \quad (2)$$

Поправка к продольной метацентрической высоте на влияние свободной поверхности жидкости в цистернах  $\Delta m_H$ , м, определяется по формуле

$$\Delta m_H = \frac{M_{f.s. y_{БЦ}} + M_{f.s. y_{ЦЗ}}}{\Delta} \quad (2)$$

Продольная метацентрическая высота без учета влияния поправки на влияние свободной поверхности  $H_0$ , м, определяется по формуле

$$H_0 = Z_m - z_g \quad (3)$$

Продольная исправленная метацентрическая высота  $H$ , м, - продольная метацентрическая высота с учетом влияния свободной поверхности жидкостей в цистернах, определяется по формуле

$$H = H_0 - \Delta m_H \quad (3)$$

Момент дифферентующий на 1 см осадки МСТ, т·м/см, - момент, который необходимо приложить к судну для создания дифферента судна  $t$  в 1 см, определяется по формуле

$$\text{МСТ} = \frac{\Delta \cdot H}{100 \cdot L} \quad (4)$$

Дифферент судна  $t$ , м, - разница осадок носом и кормой в ДП, определяется по формуле:

$$t = \frac{\Delta \cdot (x_g - x_c)}{100 \cdot \text{МСТ}} \quad (5)$$

Дифферент судна  $\psi$ , градус, определяется по формуле:

$$\psi = \arctg\left(\frac{t}{L}\right) \quad (5)$$

Осадка на носовом перпендикуляре длины  $L$  в ДП  $d_n$ , м, определяется по формуле:

$$d_n = d + \left(0.5 - \frac{x_f}{L}\right) \cdot t \quad (6)$$

Осадка на кормовом перпендикуляре длины  $L$  в ДП  $d_k$ , м, определяется по формуле:

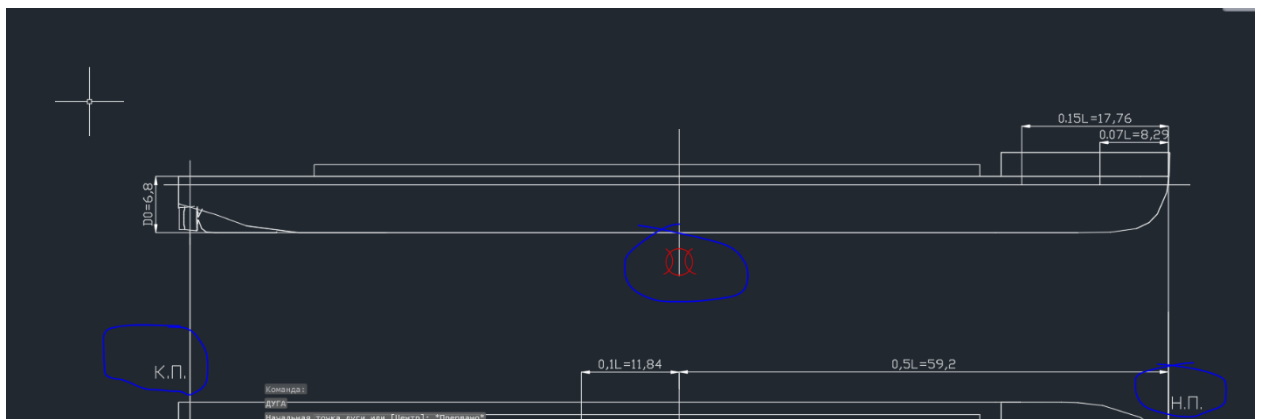
$$d_k = d - \left(0.5 + \frac{x_f}{L}\right) \cdot t \quad (7)$$

Осадка на миделе в ДП, м, определяется по формуле

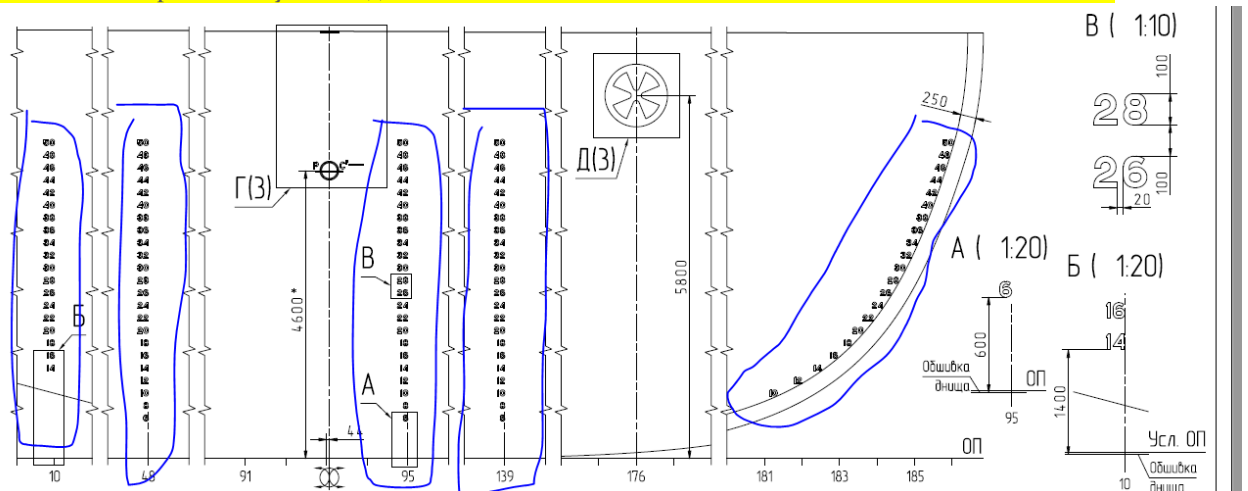
$$d_{\text{м}} = \frac{d_n + d_k}{2} \quad (8)$$

### ДОПИЛИТЬ ПУНКТ ПРО МАРКИ УГЛУБЛЕНИЯ

Здесь длина судна подставляется длина между перпендикулярами, таким образом получаются 3 осадки. На миделе, на носовом перпендикуляре и кормовом перпендикуляре.



Потом для предоставления информации должен быть сделан пересчет на марки углубления по геометрическому подобию. Они не в этих местах нанесены.

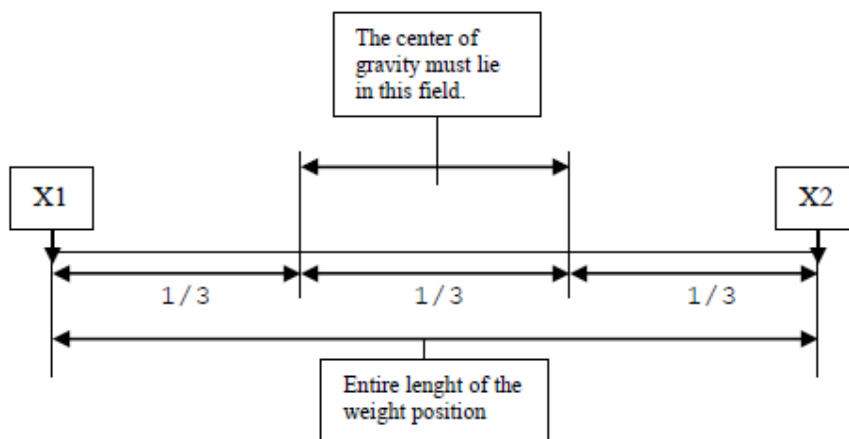


Марок может быть в зависимости от судна 2 (в оконечностях), 3 (в оконечностях и в районе миделя), 5 (в оконечностях и районе миделя, и промежуточные).

ДОПИЛИТЬ ПРО РАСЧЕТ ПРИ ЗАДАНИИ ЭЛЕМЕНТОВ ПО НЕСКОЛЬКИМ ТАБЛИЦАМ ДЛЯ РАЗНЫХ ДИФФЕРЕНТОВ

Если кривые элементов теоретического чертежа заданы для различных дифферентов то тут получается по  $x_g$  и  $\Delta$  интерполяцией найти сразу дифферент, осадку. И все характеристики снять для конкретного дифферента.

ДОПИЛИТЬ ПРО ОГРАНИЧЕНИЯ ПО РАСЧЕТУ ДИФФЕРЕНТА



МОЖНО ДОБАВИТЬ ФУНКЦИЮ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ВОДОИЗМЕЩЕНИЯ И ПРОЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК, ПО ОСМОТРУ МАРОК УГЛУБЛЕНИЯ

## НАЧАЛЬНАЯ МЕТАЦЕНТРИЧЕСКАЯ ВЫСОТА

Аппликата поперечного метацентра  $z_m$ , м, от ОП определяется по формуле

$$z_m = z_c + r \quad (8)$$

Поправка к поперечной метацентрической высоте на влияние свободной поверхности жидкостей в цистернах  $\Delta m_h$ , м, определяется по формуле

$$\Delta m_h = \frac{M_{f.s} \times \text{БЦ} + M_{f.s} \times \text{ЦЗ}}{\Delta} \quad (2)$$

Поперечная метацентрическая высота без учета влияния поправки на влияние свободной поверхности  $h_\theta$ , м, определяется по формуле

$$h_\theta = z_m - z_g \quad (9)$$

Поперечная исправленная метацентрическая высота  $h$ , м, – поперечная метацентрическая высота с учетом влияния свободной поверхности жидкостей в цистернах определяется по формуле

$$h = h_\theta - \Delta m_h \quad (9)$$

Исправленное отстояние центра масс судна  $z_{g \text{ исп}}$ , м, по высоте от ОП – отстояние центра масс судна  $z_g$  по высоте от ОП увеличенная на поправку к поперечной метацентрической высоте на влияние свободной поверхности жидкостей в цистернах, определяется по формуле:

$$z_{g \text{ исп}} = z_g + \Delta m_h \quad (10)$$

## ДИАГРАММЫ ОСТОЙЧИВОСТИ

### Расчет диаграммы остойчивости

Диаграмма статической остойчивости (ДСО) - изменение плеча остойчивости (восстанавливающего момента) в зависимости от угла крена. Плечо диаграммы статической остойчивости  $l$ , определяется двумя составляющими:

- плечом остойчивости формы;
- плечом остойчивости веса.

Исходя из средней осадки  $d$  для заданных углов крена по таблице плеч остойчивости формы (пантокаренам) определяется  $l_k(\theta)$  – плечо остойчивости формы.

Плечо диаграммы статической остойчивости  $l$ , м, для каждого угла крена определяется по формуле:

$$l(\theta) = l_k(\theta) - z_{g \text{ исп}} \cdot \sin\theta - (y_g - y_c) \cdot \cos\theta \quad (11)$$

Строится диаграмма плеч статической остойчивости – зависимость плеча восстанавливающего момента  $l(\theta)$  от угла крена судна  $\theta$ . Кривая плеч статической остойчивости должна строиться по пантокаренам, число которых должно быть достаточным для точного ее определения и должно включать пантокарены при  $12^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $40^\circ$  и  $50^\circ$ .

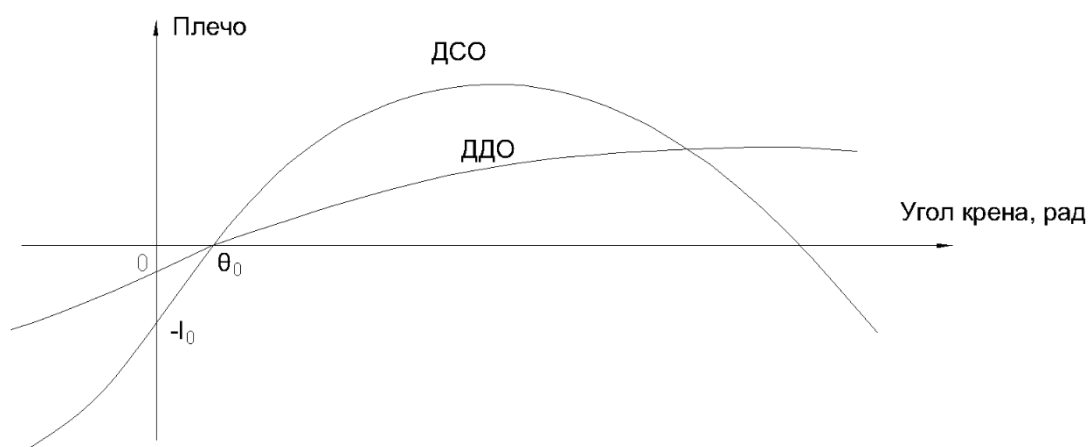
По диаграмме плеч статической остойчивости определяется угол начального статического крена судна  $\theta_0$  соответствующей точки пересечения оси крена с диаграммой статической остойчивости. Все критериями остойчивости определяются в сторону начального крена.

Диаграмма динамической остойчивости (ДДО) - изменение плеча динамической остойчивости (работы восстанавливающего момента) в зависимости от угла крена. Плечо диаграммы динамической остойчивости  $l_d$ , которая является площадью под кривой диаграммы статической остойчивости определяется по формуле:

$$l_d(\theta) = \int_{\theta_0}^{\theta} l(\theta) d\theta \quad (13)$$

где  $\theta$  в радианах.

Строится диаграмма плеч динамической остойчивости – зависимость плеча динамической остойчивости момента  $l_d(\theta)$  от угла крена судна  $\theta$ .



### Учет палубного лесного груза

При расчете плеч остойчивости формы разрешается засчитывать объем палубного груза леса на полную его ширину и высоту с коэффициентом проницаемости 0,25, который соответствует уложенному пиленому лесоматериалу.

## Определение критериев остойчивости

### ПЕРЕЧЕНЬ КРИТЕРИЕВ ОСТОЙЧИВОСТИ

№	Наименование	Обозначение	Правило
<b>Критерий погоды</b>			
1	критерий погоды К	К	[1] раздел 2.1
2	статический угол крена от действия постоянного ветра - все суда - лесовоз - при перевозке контейнеров	$\theta_{w1}$	[1] пункт 2.1.3 пункт 3.3.5 пункт 3.10.6 - 3.10.8
<b>Диаграмма статической остойчивости</b>			
	Площадь под положительной частью диаграммы статической остойчивости		
3	до угла крена №30;	$A_{\theta_{30}}$	[1] Раздел 2.21
4	до угла крена №40 - все суда - лесовоз	$A_{\theta_{40}}$	[1] Раздел 2.2.1 Раздел 3.3.5
5	между углами крена №30 и №40	$A_{\theta_{30-40}}$	[1] Раздел 2.2.1
6	Максимальное плечо диаграммы статической остойчивости при угле крена более 30° - все суда	$l_{\max}$	[1] Раздел 2.2.1.1



7	Максимальное плечо диаграммы статической остойчивости - лесовоз	$l_{\max \text{ timber}}$	[1] Раздел 3.3.5
8	Максимальное плечо диаграммы статической остойчивости при угле крена более 25° - при обледенении	$l_{\max \text{ ice}}$	[1] Раздел 2.4.9
7	угол, соответствующий максимуму диаграммы статической остойчивости - все суда - при $\frac{B}{D} > 2$ - при $\frac{B}{D} > 2.5$	$\theta_{l_{\max}}$	[1] Раздел 2.2.1 Раздел 2.2.2 Раздел 2.2.3
<b>Исправленная метацентрическая высота</b>			
9	- все суда - для сухогрузных накатных судов - лесовоз - при перевозке зерна	$h$	[1] пункт 2.3 пункт 3.2.4 пункт 3.3.5 НД No 2-020101-013
<b>Дополнительно сухогрузные суда / Суда смешанного река моря плавания</b>			
10	критерий ускорения (для сухогрузов при $\frac{V_h}{B} > 0,08$ или $\frac{B}{D} > 2,5$ )	$K^*$	[1] пункт 3.2.5 пункт 3.12.4
<b>Дополнительно контейнеровозы</b>			
11	Угол крена на циркуляции	$\theta_R$	[1] пункт 3.10.6, 3.10.8, 3.10.9
<b>Дополнительно зерновозы</b>			

12	Угол крена от смещения зерна	$\theta_{\text{grain}}$	[2] раздел 7
13	Остаточная площадь	$A_{\text{grain}}$	

## КРИТЕРИЙ ПОГОДЫ

### Общие положения

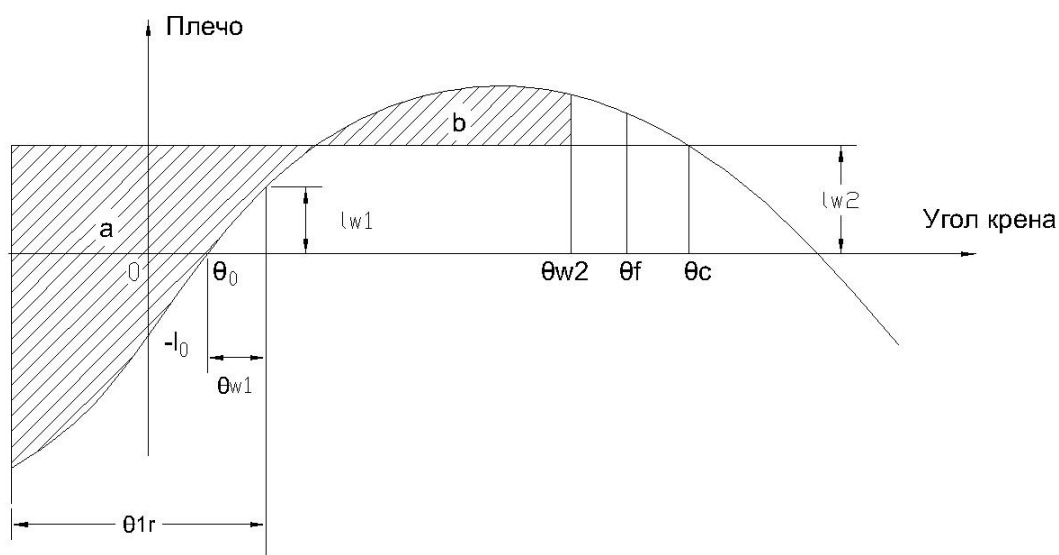
Требования к остойчивости, изложенные в настоящей главе, применяются ко всем судам неограниченного и ограниченных районов плавания R1, R2, R2-RSN, R2-RSN(4,5) и R3-RSN. Для судов ограниченного района плавания R3 требования критериев погоды не распространяется.

### Критерий погоды К

Остойчивость судна по критерию погоды  $K = S/a$  считается достаточной, если площадь  $S$  равна или больше площади  $a$ , т.е.  $K \geq 1$ , при этом:

- судно находится под действием ветра постоянной скорости, направленного перпендикулярно к его диаметральной плоскости, которому соответствует плечо ветрового кренящего момента  $M_{w1}$
- от статического угла крена  $\theta_{w1}$ , вызванного постоянным ветром и соответствующего первой точке пересечения горизонтальной прямой  $M_{w1}$  с кривой восстанавливающих плеч  $M(\theta)$ , под воздействием волн судно кренится на наветренный борт на угол, равный амплитуде бортовой качки  $\theta_{1r}$
- на накрененное судно динамически действует порыв ветра, которому соответствует плечо кренящего момента  $M_{w2}$ ;
- вычисляются и сравниваются площади  $S$  и  $a$ , заштрихованные на рисунке. Площадь  $a$  ограничена кривой  $M(\theta)$  восстанавливающих плеч, горизонтальной прямой, соответствующей кренящему плечу  $M_{w2}$ , и углом крена  $\theta_{w2} = 50^\circ$ , либо углом заливания  $\theta_{\theta}$ , либо углом крена  $\theta_{\theta}$ , соответствующим точке второго пересечения прямой  $M_{w2}$  с кривой восстанавливающих плеч, в зависимости от того, какой из этих углов меньше.

Площадь  $S$  ограничена кривой восстанавливающих плеч, прямой  $M_{w1}$  и углом крена, равным  $\theta_{w1} - \theta_{1r}$ ;



## 2.1.4 Расчет плеча кренящего момента от давления ветра.

2.1.4.1 Кренящее плечо  $l_{w1}$ , м, принимается постоянным для всех углов крена и рассчитывается по формуле

$$l_{w1} = p_v A_v z_v / 1000 g \Delta, \quad (2.1.4.1-1)$$

где  $p_v$  — давление ветра, Па, определяемое по [табл. 2.1.4.1](#) в зависимости от района плавания судна;

$z_v$  — плечо парусности, м, определяемое согласно [1.4.6.3](#);

$A_v$  — площадь парусности, м<sup>2</sup>, определяемая согласно [1.4.6](#);

$\Delta$  — водоизмещение судна, т;

$g$  — ускорение свободного падения, равное 9,81 м/с<sup>2</sup>.

Таблица 2.1.4.1

Район плавания судна	Предполагаемое давление ветра $p_v$ , Па	Добавка на порывистость ветра $m$
Неограниченный	504	0,5
Ограниченный R1	353	0,5
Ограниченный R2	252	0,52
Ограниченный R2-RSN	252	0,52
Ограниченный R2-RSN(4,5)	166	0,54
Ограниченный R3-RSN	119	0,55

Кренящее плечо  $l_{w2}$  определяется по формуле

$$l_{w2} = (1 + m) l_{w1}, \quad (2.1.4.1-2)$$

где  $m$  — добавка на порывистость ветра, определяемая по [табл. 2.1.4.1](#).

2.1.4.2 Для рыболовных судов неограниченного района плавания длиной от 24 до 45 м давление ветра в [формуле \(2.1.4.1-1\)](#) может приниматься по [табл. 2.1.4.2](#) в зависимости от расстояния  $Z$  от центра площади парусности до ватерлинии.

Таблица 2.1.4.2

$Z$ , м	1	2	3	4	5	$\geq 6$
$p_v$ , Па	316	386	429	460	485	504

2.1.4.3 Суда, остойчивость которых по критерию погоды не отвечает требованиям, предъявляемым к судам ограниченного района плавания R2, могут быть допущены к эксплуатации как суда ограниченного района плавания R3 с установлением для них дополнительных ограничений с учетом особенностей района плавания и характера эксплуатации.

## 2.1.5 Расчет амплитуды качки.

**2.1.5.1** Амплитуда качки судна с круглой скулой, град, вычисляется по формуле

$$\theta_{1r} = 109kX_1X_2\sqrt{rS}, \quad (2.1.5.1)$$

- где  $k$  — коэффициент, учитывающий влияние скуловых и/или брускового килей и определяемый в соответствии с 2.1.5.2; значение  $k$  принимается равным 1, если кили отсутствуют;  
 $X_1$  — безразмерный множитель, определяемый по табл. 2.1.5.1-1 в зависимости от отношения ширины к осадке  $B/d$ ;  
 $X_2$  — безразмерный множитель, определяемый по табл. 2.1.5.1-2 в зависимости от коэффициента общей полноты судна  $C_B$ ;

Коэффициент общей полноты  $C_B$  определяется для текущей осадки по формуле:

$$C_B = \frac{\nabla}{L_{wl} \cdot B_{wl} \cdot d}$$

где  $L_{wl}$  — длина по ватерлинию для текущей осадки, м;

$B_{wl}$  — ширина по ватерлинии для текущей осадки, м.

- $r$  — параметр, определяемый по формуле  $r = 0,73 + 0,6(z_g - d)/d$ . Значение  $r$  не должно приниматься больше 1;  
 $S$  — безразмерный множитель, определяемый по табл. 2.1.5.1-3 в зависимости от района плавания судна и периода качки  $T$ , который рассчитывается по формуле

$$T = 2cB/\sqrt{h},$$

где  $c = 0,373 + 0,023B/d - 0,043L_{wl}/100$ ;

$h$  — исправленная метацентрическая высота;

$L_{wl}$  — длина судна по ватерлинии.

Таблица 2.1.5.1-1

Множитель $X_1$														
$B/d$	≤2,4	2,6	2,8	3,0	3,2	3,4	3,5	3,6	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	≥6,5
$X_1$	1,00	0,96	0,93	0,90	0,86	0,82	0,80	0,79	0,78	0,76	0,72	0,68	0,64	0,62

Таблица 2.1.5.1-2

Множитель $X_2$						
$C_B$	≤0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	≥0,70
$X_2$	0,75	0,82	0,89	0,95	0,97	1,00

Таблица 2.1.5.1-3

Множитель $S$										
Район плавания судна	$T, c$									
	≤5	6	7	8	10	12	14	16	18	≥20
Неограниченный	0,100	0,100	0,098	0,093	0,079	0,065	0,053	0,044	0,038	0,035
Ограниченный R1, R2, R2-RSN, R2-RSN(4,5), R3-RSN	0,100	0,093	0,083	0,073	0,053	0,040	0,035	0,035	0,035	0,035

**2.1.5.2** Для судов, имеющих скуловые кили или брусковый киль, или то и другое вместе, коэффициент  $k$  определяется по [табл. 2.1.5.2](#) в зависимости от отношения  $A_k/L_{wl}B$ , в котором  $A_k$  — суммарная габаритная площадь скуловых килей, либо площадь боковой проекции брускового киля, либо сумма этих площадей, м<sup>2</sup>.

Таблица 2.1.5.2

Коэффициент $k$								
$A_k/L_{wl}B$ , %	0	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	$\geq 4,0$
$k$	1,00	0,98	0,95	0,88	0,79	0,74	0,72	0,70

Скуловые кили не принимаются во внимание для судов ледовых классов **Arc4 — Arc9**.

**2.1.5.3** При расчете амплитуды качки по [формуле \(2.1.5.1\)](#) для судна с острой скулой коэффициент  $k$  следует принимать равным 0,7.

**2.1.5.4** Амплитуда качки судов, снабженных успокоителями качки, должна определяться без учета их работы.

**2.1.5.5** Промежуточные величины в [табл. 2.1.5.1-1 — 2.1.5.2](#) должны определяться путем линейной интерполяции. Расчетные значения амплитуды качки следует округлить до целых градусов.

## Статический угол крена от действия постоянного ветра

- все суда неограниченного и ограниченных районов плавания R1, R2, R2-RSN, R2-RSN(4,5) и R3-RSN. Для судов ограниченного района плавания R3 требования критериев погоды не распространяется.

Статический угол крена  $\theta_{\text{ст}}$  от действия постоянного ветра не должен превышать  $16^\circ$ , либо угла, равного  $0,8$  угла входа в воду кромки открытой палубы, в зависимости от того, какой из них меньше.

- Для лесовоза, для которого назначен лесной надводный борт, палубный лесной груз учитывается в остойчивостях формы, выполняются требования укладки груза

Угол статического крена от действия постоянного ветра не должен превышать  $16^\circ$ , норматив по углу входа кромки палубы в воду не применяется.

- Для контейнеровозов:

Угол статического крена от постоянного ветра, определенные по диаграмме статической остойчивости, не должны превышать  $16^\circ$ , либо половины угла, при котором верхняя палуба входит в воду, в зависимости от того, который из них меньше.

В случаях, когда палубный груз контейнеров размещается только на крышках грузовых люков, вместо угла входа кромки верхней палубы может приниматься меньший из углов входа в воду верхней кромки комингса люка или входа контейнера в воду (в случае, когда контейнеры выходят за пределы этого комингса).

При расчете плеча кренящего момента от давления ветра  $l_{w1}$ , используемое при определении угла крена  $\theta_{\text{ст}}$ , предполагаемое давление ветра  $p_v$  принимается как для судна неограниченного района плавания судна.

## ДИАГРАММА СТАТИЧЕСКОЙ ОСТОЙЧИВОСТИ

### Площади под диаграммой

Площади диаграммы статической остойчивости определяются от начального угла крена  $\theta_0$ .

- Все суда

Площадь под положительной частью диаграммы статической остойчивости должна быть не менее 0,055 м·рад до угла крена 30° и не менее 0,09 м·рад до угла крена 40° (кроме лесовозов) либо до угла заливания  $\theta_{\text{з}}$ , в зависимости от того, какой из них меньше. Дополнительно, площадь между углами крена 30° и 40° или, если  $\theta_{\text{з}} < 40^\circ$ , между 30° и  $\theta_{\text{з}}$  должна быть не менее 0,03 м·рад;

- Для лесовоза, для которого назначен лесной надводный борт, палубный лесной груз учитывается в остойчивостях формы, выполняются требования укладки груза

Площадь под положительной частью диаграммы статической остойчивости должна быть не менее 0,08 м·рад до угла крена 40° либо до угла заливания  $\theta_{\text{з}}$  в зависимости от того, какой из них меньше;

### Максимум диаграммы

- Все суда (за исключением лесовоза)

2.2.1.2 При углах крена 30 град и более максимальное значение плеча диаграммы статической остойчивости (в пределах этого диапазона) должно быть не менее 0,25 м для судов длиной  $L \leq 80$  м и 0,20 м для судов длиной  $L \geq 105$  м. Для промежуточных значений  $L$  величина плеча определяется линейной интерполяцией.

- Для лесовоза, для которого назначен лесной надводный борт, палубный лесной груз учитывается в остойчивостях формы, выполняются требования укладки груза

3.3.5 Максимальное плечо диаграммы должно быть не менее 0,25 м (без учета требования по его расположению)

- При учете обледенения

2.4.9 Для судов ограниченного района плавания ( $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ ,  $R_2\text{-RSN}$ ,  $R_2\text{-RSN}(4,5)$  и  $R_3\text{-RSN}$ ) плечо диаграммы статической остойчивости, построенной с учетом обледенения, должно быть не менее 0,20 м при угле крена  $\theta_{\text{max}} \geq 25^\circ$ . При этом:

- если рассматривается случай обледенения лесовоза ограниченного района плавания, то применяются требования 2.4.9 и 3.3.5;

- если рассматривается случай обледенения лесовоза неограниченного района плавания, то применяется только требование 3.3.5.

- если рассматривается случай обледенения для всех судов (за исключением лесовоза) такое правило заменяет требование 2.2.1.2.



## Угол, соответствующий максимуму диаграммы

- Все суда

Угол, соответствующий максимуму диаграммы статической остойчивости  $\theta_{\max}$ , должен быть не менее  $30^\circ$ . При наличии у диаграммы статической остойчивости двух максимумов вследствие влияния надстроек или рубок требуется, чтобы первый от прямого положения максимум диаграммы наступил при крене не менее  $25^\circ$ .

- Судам, имеющим отношение  $B/D > 2$ ,

**2.2.2** Судам, имеющим отношение  $B/D > 2$ , разрешается плавание при уменьшенном угле, соответствующем максимальному плечу диаграммы, по сравнению с требуемым [2.2.1](#), на величину, определяемую по формуле

$$\Delta\theta_{\max} = 40^\circ \left( \frac{B}{D} - 2 \right) (K - 1) 0,5. \quad (2.2.2)$$

При  $B/D > 2,5$  принимается  $B/D = 2,5$ ; при  $K > 1,5$  принимается  $K = 1,5$ . Значение  $\Delta\theta_{\max}$  округляется до целого числа.

- Судам, имеющим отношение  $B/D > 2,5$ ,

**2.2.3** Судам, имеющим отношение  $B/D > 2,5$  может быть разрешено<sup>1</sup> плавание при уменьшенном угле, соответствующем максимуму диаграммы статической остойчивости  $\theta_{\max}$ , при выполнении следующих критериев:

.1 угол, соответствующий максимуму диаграммы статической остойчивости  $\theta_{\max}$ , должен быть не менее  $15^\circ$ ;

.2 площадь под положительной частью диаграммы статической остойчивости должна быть не менее, чем  $0,070$  м·рад до угла крена  $15^\circ$ , когда максимум диаграммы статической остойчивости достигается при угле крена  $15^\circ$ , или  $0,055$  м·рад до угла крена  $30^\circ$ , когда максимум диаграммы статической остойчивости достигается при угле крена  $30^\circ$  и более. Когда максимум диаграммы статической остойчивости достигается при угле от  $15^\circ$  до  $30^\circ$ , площадь под положительной частью диаграммы, м·рад, должна быть не менее, чем величина, определенная по формуле:

$$A_{\max} = 0,055 + 0,001(30^\circ - \theta_{\max}). \quad (2.2.3.2)$$

<sup>1</sup> В случае если на судно распространяются требования Международного кодекса по остойчивости судна в неповрежденном состоянии, 2008, возможность применения критериев, указанных в [2.2.3](#) должна быть согласована с Администрацией.

## МЕТАЦЕНТРИЧЕСКАЯ ВЫСОТА

### Все суда

Исправленная начальная метацентрическая высота всех судов при всех случаях загрузки, за исключением «судна порожнем», должна иметь значение не менее 0,15 м.

### Сухогрузное накатное судно

Исправленная начальная метацентрическая высота накатных судов с грузом без учета обледенения должна быть не менее 0,2 м.

Для лесовоза, для которого назначен лесной надводный борт, палубный лесной груз учитывается в остойчивостях формы, выполняются требования укладки груза

Исправленная начальная метацентрическая высота для случаев загрузки с лесным грузом, должна быть не менее 0,1 м.

### При перевозке зерна

Исправленная начальная метацентрическая высота всех судов должна иметь значение не менее 0,30 м.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К СУХОГРУЗАМ

Если хотя бы один из параметров  $\sqrt{h}/B$  и  $B/d$  превышает 0,08 и 2,5 соответственно, остойчивость должна быть дополнительно проверена по критерию ускорения  $K^*$  (как для сухогрузного судна смешанного плавания река моря ограниченного района плавания **R2-RSN** и **R2-RSN(4.5)**).

## ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К СУДАМ СМЕШАННОГО РЕКА МОРЯ

**3.12.1** Требования настоящей главы распространяются на сухогрузные суда ограниченных районов плавания **R2-RSN** и **R2-RSN(4.5)**.

**3.12.3** Остойчивость по критерию ускорения  $K^*$  считается удовлетворительной, если в рассматриваемом случае загрузки выполняется условие

$$K^* = 0,3/a_{\text{расч}} \geq 1, \quad (3.12.3)$$

где  $a_{\text{расч}}$  — расчетное ускорение (в долях  $g$ ), определяемое по формуле

$$a_{\text{расч}} = 0,0105 \frac{h_0}{c^2 B} k_{\theta} \theta_{1r},$$

где  $\theta_{1r}$  — расчетная амплитуда качки, град, определяемая в соответствии с [2.1.5](#);

$c$  — инерционный коэффициент, определяемый в соответствии с [2.1.5.1](#);

$h_0$  — начальная метацентрическая высота без учета поправки на свободные поверхности жидких грузов;

$k_{\theta}$  — коэффициент, учитывающий особенности качки судов смешанного плавания, определяемый по [табл. 3.12.3](#).

Таблица 3.12.3

Коэффициент $k_{\theta}$									
$B/d$	$\leq 2,5$	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	$\geq 6,5$
$k_{\theta}$	1,0	1,08	1,11	1,11	1,20	1,30	1,45	1,56	1,61

**3.12.4** Эксплуатация судна при критерии ускорения  $K^* < 1$  допускается при назначении дополнительного ограничения по высоте волны. Допустимая высота волны 3 % обеспеченности определяется по [табл. 3.12.4](#). Конкретные случаи загрузки при  $K^* < 1$  должны быть приведены в Информации об остойчивости.

Таблица 3.12.4

$K^*$	1,0 — 0,75	0,75 и менее
Высота волны 3 % обеспеченности, м	5,0	4,0

3.12.4 Эксплуатация судна при критерии ускорения  $K^* < 1$  допускается при назначении дополнительного ограничения по высоте волны. Допустимая высота волны 3 % обеспеченности определяется по табл. 3.12.4. Конкретные случаи загрузки при  $K^* < 1$  должны быть приведены в Информации об остойчивости.

$K^*$	1,0 — 0,75	0,75 и менее
Высота волны 3 % обеспеченности, м	5,0	4,0

## ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К СУДАМ, ПЕРЕВОЗЯЩИМ КОНТЕЙНЕРЫ

Угол крена на циркуляции, определенные по диаграмме статической остойчивости, не должны превышать  $16^\circ$ , либо половины угла, при котором верхняя палуба входит в воду, в зависимости от того, который из них меньше.

В случаях, когда палубный груз контейнеров размещается только на крышках грузовых люков, вместо угла входа кромки верхней палубы может приниматься меньший из углов входа в воду верхней кромки комингса люка или входа контейнера в воду (в случае, когда контейнеры выходят за пределы этого комингса).

Кренящий момент на циркуляции, кН·м, вычисляется по формуле

$$M_R = 0,2 \frac{v_0^2 \cdot \Delta}{L_{wl}} \left( z_g - \frac{d}{2} \right), \quad (11)$$

где  $v_0$  — эксплуатационная скорость судна, м/с;  
 $\Delta$  — водоизмещение, т.

Угол крена на циркуляции  $\theta_R$  определяется по диаграмме статической остойчивости как угол, соответствующий плечу кренящего момента на циркуляции равному  $l_R = M_R / \Delta$ . Угол крена на циркуляции отсчитывается от и в сторону статического крена судна.

**В случае если требование к величине угла крена на циркуляции при эксплуатационной скорости хода не выполняется, в Информации об остойчивости должна быть указана максимально допустимая скорость судна перед выходом на циркуляцию, определенная из выполнения указанного требования.**

## ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ ПРИ ПЕРЕВОЗКИ ЗЕРНА

### Общие положения

Требования данного раздела распространяются на суда при перевозке зерна, а также при перевозке навалочных смещаемых грузов. Смещение зерна возникает в результате окончательных изменений формы и положения пустот после перемещения зерна в направлении от поднятого борта к опущенному [2]. Для снижения уменьшения угла крена от смещения устанавливаются зерновые переборки.

### Угол крена от смещения зерна

Угол крена от смещения зерна не должен превышать  $12^\circ$  или угла, при котором кромка палубы погружается в воду, в зависимости от того, что меньше.

Смещение зерна характеризуется объемным кренящим моментом  $M_{V \text{ grain}}$ ,  $\text{м}^4$ , который определяется для каждого трюма (или отдельного отсека трюма при установленной зерновой переборке) в зависимости от заполнения трюма по высоте.

Кренящий момент от смещения зерна  $M_{\text{grain}}$ , т·м, определяется по формуле:

$$M_{\text{grain}} = \frac{M_{V \text{ grain}}}{SF} \quad (\text{II})$$

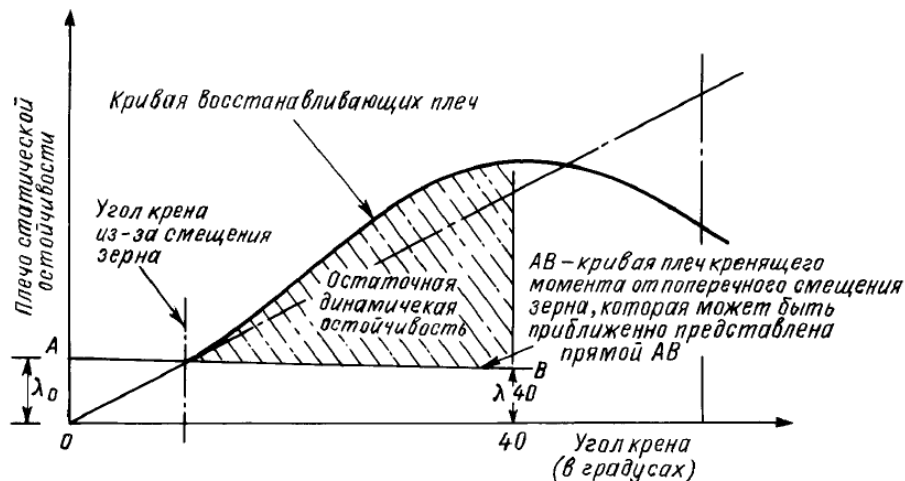
где  $SF$  – удельный погрузочный объем зерна,  $\text{м}^3/\text{т}$ .

Угол крена от смещения зерна  $\theta_{\text{grain}}$  определяется по диаграмме статической остойчивости как угол, соответствующий плечу кренящего момента от смещения зерна, равному

$$\lambda_{\theta} = M_{\text{grain}}/\Delta.$$

### Диаграмма статической остойчивости

На диаграмме статической остойчивости остаточная площадь между кривой кренящих и кривой восстанавливающих плеч до угла крена, соответствующего максимальной разности между ординатами этих двух кривых или  $40^\circ$ , или угла заливания ( $\theta_f$ ), смотря по тому, какой из них меньше  $A_{\text{grain}}$ , должна быть при всех условиях загрузки не менее  $0,075$  метр-радиана;



где  $\lambda_{40} = 0,8 \cdot \lambda_0$

РД 31.00.57.2-91 Рекомендации по плаванию в штормах

## Приложение А

### КОНТЕЙНЕРЫ

#### ПРАВИЛА ПЕРЕВОЗКИ ГРУЗОВ В КОНТЕЙНЕРАХ МОРСКИМ ТРАНСПОРТОМ

ПРИЛОЖЕНИЕ 2.3  
(рекомендуемое)

##### ГРУЗОВОЙ ПЛАН

VOYAGE NO  
РЕЙС №

SAILING  
ДАТА ОТХОДА

FROM  
ПОРТ ОТПРАВЛЕНИЯ

FOR  
ПОРТ НАЗНАЧЕНИЯ

(Master's signature)  
(подпись капитана)

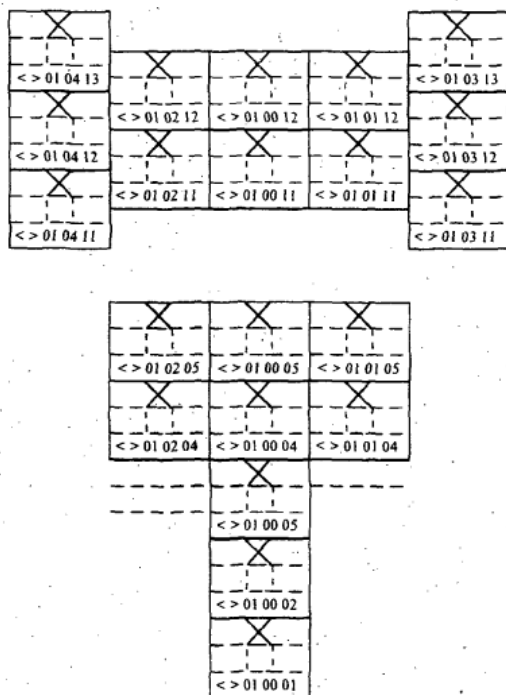
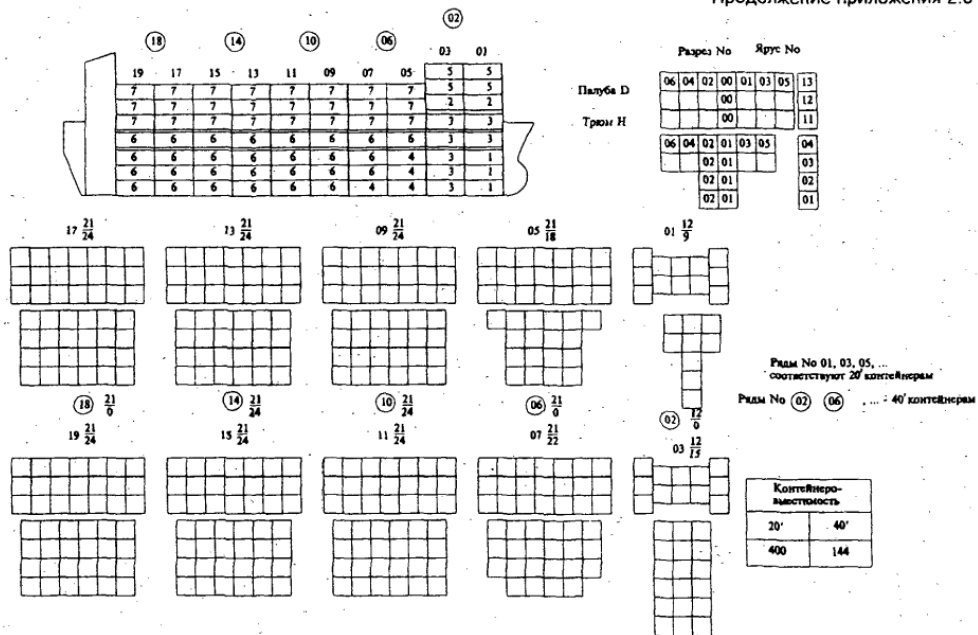
(chief officer's signature)  
(подпись старпома)

(terminal manager's signature)  
(подпись начальника терминала)

LOADING (L) OR DISCHARGING (D) PORTS		PORT (A) _____ LOADING OR PORT (B) _____ DISCHARGING			
		ПОГРУЗКА ИЛИ ВЫГРУЗКА			
ПОРТЫ ПОГРУЗКИ (L) ПОРТЫ РАЗГРУЗКИ (D)		20'		40'	
		LOADED груженые	EMPTY порожние	LOADED груженые	EMPTY порожние
	L				
	D				
	L				
	D				
	L				
	D				
	L				
	D				
	L				
	D				
<u>TOTAL</u> Всего					

Активация Windows





	Масса, т	Т <sub>м</sub> , м	М <sub>тм</sub> , т
Палуба	19,49		
Люк	18,48		
Палуба	17,01		
Люк	16,20		
Палуба	14,53		
	12,40		
	9,96		
	7,52		
	5,08		
	2,64		

## РАСЧЕТ ПОСАДКИ И ОСТОЙЧИВОСТИ

Статьи нагрузки	Порт погрузки					Порт выгрузки				
	Масса, т	$Z_g$ , м	$X_g$ , м	$M_z$ , тм (2)х(3)	$M_x$ , тм (2)х(4)	Масса, т	$Z_g$ , м	$X_g$ , м	$M_z$ , тм (7)х(8)	$M_x$ , тм (7)х(9)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Судно порожнем										
Тяжелое топливо										
Дизельное топливо										
Пресная вода										
Балласт										
Контейнеры										
Поправка на свободные уровни										
Обледенение										
Всего - водоизмещение $\Delta$										
Метацентр над ОП $Z_m$										
Центр тяжести над ОП $Z_g = \frac{M_z}{\Delta}$										
Исправленная метацентрическая высота $h = Z_m - Z_g$										
Допустимая метацентрическая высота $h_a$										
Осадка носом $d_n$										
Осадка кормой $d_k$										
				порт погрузки		порт выгрузки				

 $Z_g$  - возвышение центра тяжести; $M_z$  - момент водоизмещения от основной плоскости; $X_g$  - абсцисса центра тяжести от миделя; $M_x$  - момент водоизмещения от миделя.

## РАСЧЕТ МОМЕНТОВ ОТ ОП И МИДЕЛЯ

РЯД	$X_p$ , м	Масса, т	$M_x$ , тм	$M_z$ , тм
1	2	3	4	5
01D	44.67			
01H	44.30			
02D	41.65			
03D	38.42			
03H	37.90			
05D	29.03			
05H	28.62			
06D	25.55			
07D	22.48			
07H	22.55			
09D	15.03			
09H	14.62			
10D	11.55			
10H	11.59			
11D	8.48			
11H	8.58			
13D	1.03			
13H	0.62			
14D	-2.45			
14H	-2.45			
15D	-5.55			
15H	-5.55			
17D	-12.97			
17H	-13.20			
18D	-16.46			
19D	-19.52			
19H	-19.68			
Сумма кормовая (B)				
(A)				
Сумма (A)+(B)				

Для контейнеров надо будет разобраться с импортом грузовых накладных какие они бывают вообще и всякое такое, это может быть полезным для контейнеров, знать массу всех контейнеров и автоматом их раскладывать, в том числе с учетом

ГОСТ Р 53350-2009 Контейнеры грузовые серии 1. Классификация, размеры и масса - 4293828733

Таблица 2

Тип контейнера	Длина L				Ширина W				Высота H				Масса брутто R		Максимальная масса брутто R согласно п. 5.2.2 настоящего стандарта	
	Номинальная	Допуск	Номинальная	Допуск	Номинальная	Допуск	Номинальная	Допуск	Номинальная	Допуск	Номинальная	Допуск				
	мм	фут, дюйм	дюйм		мм	фут, дюйм	дюйм		мм	фут, дюйм	дюйм		кг	фунт	кг	фунт
1EEE	13716	0 -10	45'	0 -3/8	2438	0 -5	8	0 -3/16	2896 <sup>1)</sup>	0 -5	9'6"	0 -3/16	30 480*	67 200*	36 000	79 366
1EE									2591 <sup>2)</sup>		8'6"	0 -3/16				
1AAA									2896 <sup>1)</sup>		9'6"	0 -3/16				
1AA	12192	0 -10	40'	0 -3/8	2438	0 -5	8	0 -3/16	2591 <sup>2)</sup>	0 -5	8'6"	0 -3/16	30 480*	67 200*	36 000	79 366
1A									2438		8'6"	0 -3/16				
1AX									< 2438		< 8'	0 -3/16				
1BBB									2896 <sup>1)</sup>		9'6"	0 -3/16				
1BB	9125	0 -10	29'11 1/4"	0 -3/8	2438	0 -5	8	0 -3/16	2591 <sup>2)</sup>	0 -5	8'6"	0 -3/16	30 480*	67 200*	36 000	79 366
1B									2438		8'	0 -3/16				
1BX									< 2438		< 8'	0 -3/16				
1CC									2591 <sup>2)</sup>		8'6"	0 -3/16				
1C	6058	0 -6	19'10 1/2"	0 -1/4	2438	0 -5	8	0 -3/16	2438	0 -5	8'	0 -3/16	30 480*	67 200*	36 000	79 366
1CX									< 2438		< 8'	0 -3/16				
1D	2991	0 -5	9'9 3/4"	0 -3/16	2438	0 -5	8	0 -3/16	2438	0 -5	8'	0 -3/16	10 160*	22 400*	36 000	79 366
1DX									< 2438		< 8'	0 -3/16				

ГОСТ Р 53350—2009

## Литература

1. Правила классификации и постройки морских судов, часть IV «Остойчивость», НД № 2-020101-174, РМРС, 2024 г;
2. Правила перевозки зерна, НД №2-020101-013, РМРС, 2006 г;
3. Правила технического наблюдения за постройкой судов и изготовлением материалов и изделий для судов. Часть II. Техническая документация, НД №2-020101-175, РМРС, 2024 г.
4. Правила классификации и постройки морских судов, часть II «Корпус», НД № 2-020101-174, РМРС, 2024 г;
- 5.